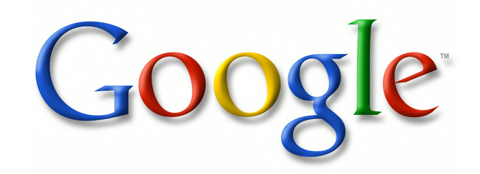



Accessions
244,035.
Shelf No.
*7760.1.
Vol. 13.
1877.
FOUNDED 1852
SICUT PATRIBUS SIT DEUS NOBIS
BOSTONIA
CONDITA A.D. 1630.
CIVITATIS REGIMINE DONATA A.D. 1822.
BOSTON PUBLIC LIBRARY
Received March 27, 1878.

ZEITSCHRIFT

FÜR

BIOLOGIE

VON

L. BUHL, M. v. PETTENKOFER, C. VOIT,
PROFESSOREN AN DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN.

XIII. Band.

I. Heft.

Inhalt:

MÜNCHEN, 1877.
DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

ZEITSCHRIFT

FÜR

BIOLOGIE

VON

L. BUHL, M. v. PETTENKOFER, C. VOIT,
PROFESSOREN AN DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN.

XIII. Band.

MÜNCHEN, 1877.
DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

Inhalt.

Studien über die Heizungen in den Schulhäusern Münchens.

Von

Dr. E. Voit, und **Dr. J. Forster,**

Professor der Physik an der Industrieschule — Privatdozent für Hygiene an der Universität

zu München.

I. Mittheilung.

In den Jahren 1873 und 1874 hatten v. Bezold und der Eine von uns Untersuchungen über die Wärmevertheilung in geheizten Räumen[1]) ausgeführt, deren Resultate wichtige Anhaltspunkte für die technische wie hygienische Beurtheilung von Heizanlagen liefern dürften. Es erschien jedoch wünschenswerth, diese Untersuchungen in etwas erweitertem Maasse und zwar nach den eben erwähnten beiden Richtungen hin fortzusetzen. In manchen Gebieten der Technik wie Hygiene ist man bekanntlich weniger auf Versuche im Laboratorium als vielmehr auf eine möglichst exakte Beobachtung und Erforschung bereits gegebener Verhältnisse angewiesen. An die Stelle des Experimentes im Kleinen treten hier häufig, der Sachlage entsprechend, Experimente im Grossen, nämlich die von communalen oder staatlichen Behörden oder von Privatpersonen ausgeführten Anlagen. Während wir aber dort uns die Bedingungen selbst zu schaffen suchen, haben wir diese hier, da sie meist unbekannt sind, erst späterhin zu erforschen. Gerade in den Heiz- und Ventilationsanlagen tritt dies oft sehr deutlich zu Tage. Bei den Untersuchungen der letztern greifen die hygienischen und

1) Zeitschr. d. bayer. Archit. und Ingen. Vereins, Jahrgg. 1874, Hft. 2—4.

technischen Fragen so sehr in einander, dass eine einseitige Behandlung von dem einen oder dem andern Standpunkte, wie so häufig schon, zu Missverständnissen und falschen Auffassungen führt. Nach unserm Dafürhalten kann daher die Beantwortung solcher Fragen in den beiden Richtungen nicht ohne Nachtheil getrennt werden und erachten wir uns sonach für gezwungen, in unserer Arbeit Dinge mit einander zu verknüpfen, die einerseits dem Techniker, andererseits dem Hygieniker mehr Interesse bieten. Dieser Ueberlegung folgend haben wir uns zu gemeinschaftlicher Thätigkeit vereint, deren Anfangs-Resultate wir in einem ersten Berichte hiemit weitern Kreisen vorlegen. Wir bemerken jedoch hiebei ausdrücklich, dass wir noch nicht zum Abschlusse gelangt, sondern in der Fortsetzung unserer Arbeiten begriffen sind.

Im Anschlusse an die erwähnten Untersuchungen über die Wärmevertheilung unternahmen wir nämlich im Jahre 1874 und 1875 weitere Beobachtungen über die Heizung und Ventilation in dem Schulhause an der Gabelsbergerstrasse, dessen Räume zu den frühern Untersuchungen gedient hatten, ausserdem suchten wir durch Betrachtung und Vergleich des Brennmaterialienaufwandes in sämmtlichen Schulgebäuden Münchens Anhaltspunkte zur Beurtheilung der Leistung verschiedener Heizanlagen zu gewinnen. In unserm Berichte wollen wir diese allgemeinen Betrachtungen vorausgehen lassen und dann die speziell über die Ventilation und Heizung mit den Kelling'schen Caloriferen ausgeführten Beobachtungen und Versuche, sowie einige andere Erfahrungen anreihen.

1. Brennmaterial-Aufwand zur Beheizung eines Hauses.

Die Angaben über den jährlichen Verbrauch an Brennmaterial, welche uns für alle hiesigen Schulhäuser von den städtischen Behörden mit der grössten Bereitwilligkeit mitgetheilt wurden, haben wir in der folgenden Tabelle (I) zusammengestellt; wobei nur einige Schulhäuser ausgeschlossen werden mussten, weil sie bei wechselnder Inanspruchnahme für die Betrachtung zu complizirte Verhältnisse geboten hätten.

Tabelle I.

Verbrauch an Brennmaterialien in den Volksschulhäusern München's während der Jahre 1868 bis 1874.

Angabe der Schulhäuser	1868				1869				1870				1871				1872				1873				1874				Bemerkungen.
	Fichtenholz	Buchenholz	Steinkohlen	Torf	Fichtenholz	Buchenholz	Steinkohlen	Torf	Fichtenholz	Buchenholz	Steinkohlen	Torf	Fichtenholz	Buchenholz	Steinkohlen	Torf	Fichtenholz	Buchenholz	Steinkohlen	Torf	Fichtenholz	Buchenholz	Steinkohlen	Torf	Fichtenholz	Buchenholz	Steinkohlen	Torf	
	Klafter		Centner		Klafter		Centner		Klafter		Centner		Klafter		Centner		Klafter		Centner		Ster		Centner		Ster		Centner		
Maffeistrasse	24	6	—	—	20	6	—	—	20	6	—	—	21	6	—	—	21	3	—	—	86	21	—	—	96	6	—	—	Thon-Ofen älterer Construction.
Löwengrube	20	6	—	—	20	6	—	—	12	6	—	—	28	6	—	—	12	3	—	—	51	27	—	—	69	18	—	—	Thon-Ofen mit Mantel.
Rosenthal	—	—	—	—	17	—	581.8	—	8½	—	1102.9	—	20	—	1876.1	—	35	—	1049.2	—	54	—	1233.2	—	114	—	1973	—	Eiserner Mantel-Ofen und Calorifer von Boyer & Co.
Frauenstrasse	21½	—	919.8	—	6	—	2040.4	—	24	—	2359.6	—	22	—	2524.2	47	24	—	2218.7	—	82	—	1820.2	—	78	—	2055	—	Calorifer von Heckmann.
Baumstrasse	12	3	—	—	6	2	—	—	12	3	—	—	13	3	—	—	13	3	—	—	42	6	—	—	54	12	—	—	Thon-Ofen älterer Construction.
Annastrasse	53	3	—	—	67	2	—	—	90	4	—	—	94	4	12.0	—	81	2	—	—	236	15	—	—	160	30	—	—	Thon-Ofen mit Mantel.
v. d. Tannstrasse	79	4	—	—	38	—	—	—	71	3	95.6	—	73	3	139.5	—	80	2	155.7	—	198	24	—	—	216	33	—	—	Thon-Ofen älterer Construction.
Louisenstrasse Nr. 3	74	4	—	—	35	—	—	—	68	8	139.4	—	79	—	353.1	—	60	8	199.7	—	192	18	111.7	—	168	60	—	—	Thon-Ofen älterer Construction.
Louisenstrasse Nr. 13	87	4	—	—	44	—	—	—	100	8	250.6	—	136	4	—	—	138	4	—	—	209	30	—	—	366	36	103	—	Thon-Ofen mit Mantel.
Gabelsbergerstrasse	—	—	—	—	12	—	955.8	—	10	—	2174.3	—	—	—	2415.1	93	9	—	1927.0	252	30	—	1854.0	186.5	30	—	2565	145	Calorifer von Kelling.
Glockenstrasse	52¾	3	—	—	72	—	—	—	74	2	—	—	74	2	—	—	37	—	—	—	156	6	—	—	198	12	—	—	Thon-Ofen älterer Construction.
Giesing	26	—	—	—	29	—	—	—	34½	—	349.0	—	35½	—	706.6	—	10	—	668.0	—	106	—	945.7	—	105	—	686	53	Thon-Ofen u. Calorifer von Kelling.
Schwanthalerstrasse	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18	—	1876.5	—	60	—	3529	110	Calorifer von Kelling.
Türkenstrasse	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	—	971	58	Calorifer von Kelling.

Da je nach den Heizanlagen Holz, Torf oder Steinkohlen zur Verwendung kommen, so ist für eine einfache Vergleichung der ganze Verbrauch auf ein und dasselbe Maass zurückzuführen. Wir hätten alle andern Brennmaterialien mit ihrem Heizwerthe auf eines reduciren können, ziehen es aber vor, die Wärmemengen zu berechnen, welche die verwendeten Brennstoffe zu entwickeln vermögen. Die hierbei gebrauchten Zahlen für die Heizwerthe von Holz und Torf sind ziemlich zuverlässig, während die für Steinkohlen desswegen geringeres Vertrauen verdienen, weil einestheils zwischen den verschiedenen Steinkohlensorten bedeutende Unterschiede bestehen, und anderntheils weil gerade für die in München fast ausschliesslich benützten Miesbacher und Penzberger Kohlen Versuche über den Heizwerth nicht vorhanden sind; es konnte desshalb nur der aus der chemischen Zusammensetzung der Kohle gerechnete Heizeffect Verwendung finden, welcher jedoch für den vorliegenden Zweck auch genügend ist.

Es ist angenommen, dass 1 Ster hartes Holz 1424000 W.-E. und 1 Ster weiches Holz 1106000 W.-E., somit 1 Klafter hartes Holz 4461000 W.-E. und 1 Klafter weiches Holz 3465000 W.-E., sodann dass 1 Centner Torf 150000 W.-E. und 1 Centner Steinkohlen 250000 W.-E. entwickelt; mit diesen Werthen sind die für jedes Schulhaus verfügbaren Wärmemengen gerechnet. In der Tabelle II sind in den Rubriken *a* diese Wärmemengen und zwar in Millionen Wärmeeinheiten aufgeführt, und ferner in der Rubrik *b* die Mittelwerthe für den Zeitraum von 1868 bis 1874 angegeben.

(Siehe die Tabelle II auf Seite 5.)

Die Schwankungen, die in dem jährlichen Bedarfe eines und desselben Schulhauses vorkommen, beruhen theils darauf, dass bei den Neubauten in den ersten Jahren noch nicht der volle Betrieb stattfand, wesshalb auch die hierauf bezüglichen Zahlen durch Klammern eingeschlossen und zu Schlüssen nicht verwerthet sind, theils aber darauf, dass in manchen Jahren noch ein Rest verblieb, der dann in dem folgenden Jahre verbraucht wurde; endlich war im Rosenthal die Verwendung der Räume eine sehr wechselnde und auch in Giesing ist wegen des noch nicht vollendeten Baues der Betrieb noch kein regelmässiger.

Tabelle II.

Angabe der Schulhäuser	1868 Wärmemenge *a*	1869 Wärmemenge *a*	1870 Wärmemenge *a*	1871 Wärmemenge *a*	1872 Wärmemenge *a*	1873 Wärmemenge *a*	1874 Wärmemenge *a*	Mittelwerthe Wärmemenge *b*
Maffeistrasse	110	96	96	100	86	125	115	104
Löwengrube	96	96	68	124	55	95	102	84
Rosenthal	—	204	305	413	384	368	619	382
Frauenstrasse	(304)	531	673	714	638	546	600	617
Baumstrasse	55	30	55	58	58	55	77	55
Annastrasse	197	241	330	344	290	282	220	272
v. d. Tannstrasse	292	132	283	301	325	253	286	267
Louisenstrasse Nr. 3	274	121	306	400	294	256	205	265
„ Nr. 13	319	152	445	489	497	274	482	380
Gabelsbergerstrasse	—	(281)	578	618	551	525	696	594
Glockenstrasse	196	249	265	265	128	181	236	217
Giesing	90	100	207	300	202	354	196	*a*) 95 *b*) 257
Schwanthalerstrasse	—	—	—	—	—	(489)	965	965
Türkenstrasse	—	—	—	—	—	—	(265)	—
Summe für 1 Jahr:	2801	2225	3307	3713	3122	2927	3214	3044
Mittl. Wintertemperat.	+ 3.31	+ 4.15	+ 1.13	+ 0.85	+ 4.44	+ 3.95	+ 2.52	+ 2.91

Aus der Tabelle II wollen wir vorläufig nur **einen** Schluss ziehen. In der vorletzten Horizontalreihe ist der jährliche Wärmeverbrauch aller Schulhäuser angegeben. (Das Schulhaus im Rosenthal ist hierbei des wechselnden Betriebes wegen ausgelassen, und nur einige fehlende Zahlen durch Interpolation beigefügt.) Die letzte Horizontalreihe der Tabelle liefert für jedes Jahr die mittlere Wintertemperatur. Es ist wohl selbstverständlich, dass der Wärmeverbrauch mit der mittleren Wintertemperatur im Zusammen-

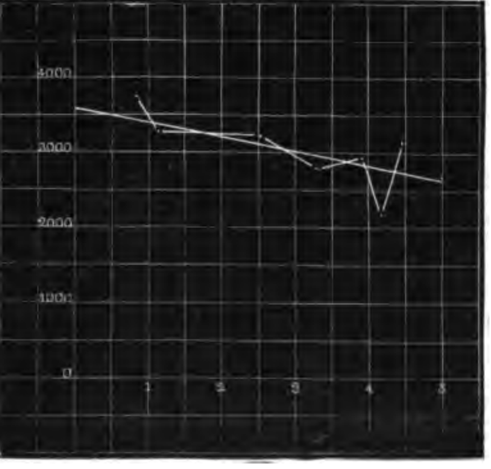


Fig. 1.

hange steht; um diess auch an den gefundenen Zahlen klar hervortreten zu lassen, geben wir in der vorstehenden Figur eine graphische Darstellung. Die mittleren Wintertemperaturen sind als Abscissen, die verbrauchten Wärmemengen in Millionen Wärme-Einheiten als Ordinaten aufgetragen. Die durch Verbindung der Endpunkte der Ordinaten gewonnene Curve stimmt, soweit es bei solchen Zahlen zu erwarten ist, mit einer Geraden AB überein; so dass wir die Zunahme des Wärmeverbrauches proportional der äusseren Temperaturabnahme annehmen dürfen. Unter dieser Voraussetzung zeigt die Neigung der Geraden AB, dass für 5° C Temperaturzuwachs ein Minderverbrauch von 940 Millionen Wärmeeinheiten eintritt. Der mittlere Wärmeverbrauch von 3044 Millionen Wärmeeinheiten entspricht somit einer Temperaturdifferenz von 16.2° C; da nun im Mittel die in den Jahren 1868—1874 herrschende Wintertemperatur 2.9° C beträgt, so muss in den Zimmern der hiesigen Schulhäuser im Mittel die Temperatur (16.2 + 2.9) = 19.1° gewesen sein. Es wird kaum nothwendig sein, hier zu bemerken, dass diese Zimmertemperatur von 19° als wirklich mittlere Temperatur, als Mittel für den ganzen Tag und für den ganzen Raum, aufzufassen ist.

Um einen Aufschluss über die Leistungen der Heizanlagen in den verschiedenen Schulhäusern zu erhalten, haben wir die Wärmemengen berechnet, welche für eine genügende Heizung der betreffenden Räume erforderlich sind. Freilich ist zu beachten, dass die dieser Rechnung zu Grunde liegenden Constanten, welche von Peclet ermittelt sind, keineswegs als sicher genug betrachtet werden dürften, um die absoluten Zahlenresultate zu verbürgen; aber für eine relative Vergleichung, wie wir sie hier allein beabsichtigen, sind dieselben sicher vollkommen ausreichend. Wir haben aus den Plänen der Schulhäuser die der Abkühlung ausgesetzten Mauer- und Fensterflächen, sowie die Mauerdicken entnommen, und dann nach der bekannten Formel[1])

$$W = f\left(\frac{mn}{me + n} M + pF\right)(\varDelta - \varDelta_0)$$

die zur Beheizung erforderliche Wärme berechnet. In dieser Formel bedeutet

1) Redtenbacher, Resultate; 1852. p. 193.

W die Wärmemenge, welche stündlich die Beheizung der Räume erfordert;

M die Mauer-, Deck- und Boden-Flächen, welche den zu beheizenden Raum gegen einen nicht geheizten abschliessen, die Fensterflächen dabei nicht mitgerechnet;

F die Fensterflächen in dem fraglichen Raume;

e die Mauerdicke;

$\varDelta_0$ die mittlerere Temperatur der äusseren Luft im Winter;

$\varDelta$ die Temperatur in dem zu beheizenden Raume;

m und n zwei Constante, welche von der Natur des Baumaterials abhängen;

p die Wärmemenge, welche stündlich durch 1 □Meter Fensterfläche bei einer Temperaturdifferenz von 1° C verloren geht; und

f ein Coeffizient, welcher davon abhängt, ob die Heizung continuirlich oder mit Unterbrechung erfolgt.

Bei allen betrachteten Schulhäusern bestehen die Mauern aus Backsteinen und da in denselben nur bei Tage geheizt wird, ist nach den Angaben Peclet's zu setzen: $m = 9$; $n = 0.68$ und $f = 1.2$, bei einfachen Glasfenstern $p = 3.66$, bei Doppelfenstern dagegen $p = 2.00$.

Nach Kuhn[1]) beträgt für eine vom Oktober bis April sich erstreckende Heizperiode die mittlere Tagestemperatur in München + 2.79° C (2.23° R); da nun in unsern Schulzimmern die Normaltemperatur 18.75° C (15° R) sein soll, so ist für $(\varDelta - \varDelta_0)$ der Werth $18.75 - 2.79 = 15.96°$ C angenommen. Wir bemerken, dass diese Annahme mit dem oben gerechneten Werthe in genügender Uebereinstimmung sich befindet. Ferner wird nach den in München gebräuchlichen praktischen Regeln als Anzahl der Heiztage 183 (die Sonn- und Feiertage sind abgerechnet) und die Heizdauer an jedem Tag 10 Stunden gesetzt. Diese für alle Gebäude gleichmässig gewählten Zahlen werden solche Resultate ergeben, dass die Leistungen aller Heizanlagen vielleicht etwas günstiger erscheinen, als sie in Wirklichkeit sind; die relative Güte wird jedoch mit ziemlicher Sicherheit sich erkennen lassen.

1) Kuhn, Klima von München. Akad. Festrede am 95. Stiftgstg. 28. März 1854.

Wir erhalten mit diesen Zahlen die in folgender Tabelle zusammengestellten Werthe.

Tabelle III.

Angabe der Schulhäuser	Abkühlungs-Flächen		Wärmemengen in Millionen Wärmeeinheiten			Güte-Verhältniss in Procenten	
	Mauer in □m	Fenster in □m	Zum Heizen erforderlich	Vom Brennm. entwickelt	Z. Heizen aufgewendet	Ventilation unberücksicht.	Ventilat. berücksichtigt
	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*
Maffeistrasse	(*a*) 1678	151	78	104	104	75	75
	(*b*) 563		39			37	37
Löwengrube	(*a*) 1629	72	67	84	84	79	79
	(*b*) 526		28			33	33
Rosenthal	(*a*) 1031	218	64	382	344	34	38
	(*b*) 4789	304	67				
Frauenstrasse	3227	322	155	617	494	25	31
Baumstrasse	452	28	19	55	55	35	35
Annastrasse	2220	192	103	272	272	39	39
v. d. Tannstrasse	1680	106	73	267	267	27	27
Louisenstrasse Nr. 3	2608	147	111	265	265	42	42
„ Nr. 13	2727	138	114	380	380	30	30
Gabelsbergerstrasse	3062	203	134	594	410	23	33
Glockenstrasse	2638	124	109	217	217	50	50
Giesing	(*a*) 830	75	39	95	95	40	40
	(*b*) 2236	151	98	252	203	39	48
Schwanthalerstrasse	5567	384	223	965	666	23	33
Türkenstrasse	5567	384	223	—	—	—	—

In der Maffeistrasse und Löwengrube sind in der ersten Rubrik unter *a*) die gesammten, unter *b*) nur die freistehenden Mauerflächen angegeben, im Rosenthal sind *a*) die Mauer- und Fensterflächen der mit den Caloriferen, *b*) die aller mit Oefen geheizten Räume und endlich in Giesing *a*) die Mauer- und Fensterflächen der mit Oefen, *b*) die der gesammten mit Oefen und Caloriferen geheizten Räume. und in den entsprechenden Horizontalreihen der andern Rubriken sind die mit diesen Zahlen gerechneten Werthe enthalten.

Durch Vergleichung der erforderlichen mit den wirklich verbrauchten Wärmemengen fällt sogleich der bedeutende Vortheil der Ofenheizung gegenüber der Luftheizung auf; diess ist jedoch nicht

zu verwundern, wenn man bedenkt, dass bei diesen neben der Beheizung der Räume auch noch eine Ventilation erzielt wird, und der Aufwand für dieselbe ein sehr bedeutender sein muss, was schon durch eine ganz einfache Ueberlegung sich nachweisen lässt. Nehmen wir an, dass im Mittel die in den Calorifer eintretende Luft 2.8° C, dagegen die in die Schulzimmer eintretende Luft 54° C (dies ist der Mittelwerth für die Temperatur der eintretenden Luft, wie sie nach den später anzugebenden Versuchen bei den Kelling'schen Heizungen sich auswies) beträgt, und dass die Luft im Zimmer 18.75° C hat, so ist klar, dass von der ganzen Wärmemenge, welche die eintretende Luft in das Zimmer bringt, mehr als ¼ davon, nämlich 31% durch die austretende Luft wieder entnommen wird, denn es entweicht nahezu die gleiche Luftmenge, welche mit einer Temperatur von 54° C ins Zimmer tritt, auch wieder aus demselben und zwar mit einer Temperatur von 18.75° C. Der Verlust an Wärme ist selbstverständlich um so bedeutender, je niederer die Temperatur der in den Raum eintretenden Heizluft und je höher die Temperatur im Raume selbst ist; gleichzeitig wird aber auch die Ventilation in entsprechender Weise wachsen. Aus diesem Grunde leisten beispielsweise die Heizungen von Kelling bezüglich der Ventilation mehr als die von Heckmann und werden unter sonst gleichen Umständen mehr Brennmaterial fordern. Beobachtungen, die der Eine von uns in dem nach Heckmann's System geheizten neuen Rathhause bei ziemlich warmer Witterung im März 1875 angestellt hat, ergaben, dass die Temperatur der einströmenden Luft zwischen 80—90° C schwankte und mehrmals 97° C erreichte; im Polytechnikum, das ebenfalls von Heckmann'schen Caloriferen geheizt wird, stieg dieselbe sogar über 130° C, wie wir noch später angeben werden. Nehmen wir als Mittel nur 80° C an, so ist der Aufwand bei dieser Heizung für die Ventilation nur 21% der ganzen verwendeten Brennmaterialmenge.[1]) Nach dieser Betrachtung müssen wir, um bei allen Heizungen nur den für die Erwärmung nothwendigen Brennmaterial-Verbrauch in Rechnung zu bringen, bei den Kelling'schen Calori-

1) Die natürliche Ventilation wird bei allen Heizanlagen im Wesentlichen gleich bleiben.

feren etwa $\frac{1}{4}$ des ganzen Verbrauches und bei den Heckmann'schen und Boyer'schen etwa $\frac{1}{8}$ abziehen, weil dieser zur Ventilation verwerthet wird. Zur weiteren Begründung der etwas willkürlich scheinenden Annahmen werden die später zu besprechenden Ventilationsbeobachtungen dienen können.

Ueberblicken wir die Tabelle, so wird sogleich das geringe Güteverhältniss aller Heizanlagen auffallen; wir müssen desshalb auseinandersetzen, in welcher Weise die obigen Werthe berechnet wurden. Gewöhnlich bezeichnet man als Güteverhältniss der Heizanlagen das Verhältniss der in den Beobachtungsraum gelieferten Wärmemenge zu derjenigen, welche die Brennmaterialien entwickeln. Häufig sogar wird fälschlich die an die Heizfläche abgegebene Wärme, verglichen mit der verfügbaren, das Güteverhältniss der Heizanlage genannt. Der letzte Werth ist eigentlich nur das Güteverhältniss des Heerdes. Es ist zu beachten, dass die Wärmemenge, welche durch die Brennmaterialien verfügbar ist, nur zum kleinsten Theil nutzbar gemacht wird. Die Verluste, welche eintreten, sind durch die unvollständige Verbrennung, durch den Uebergang der Wärme aus dem Heerde in die Heizfläche, durch die Leitung derselben von der Heizfläche zu dem zu beheizenden Raum und endlich durch die mehr oder weniger zweckmässige Art der Verwerthung in diesem Raume bedingt. Im Grunde genommen kann jede dieser Wärmemengen mit der verfügbaren Wärme verglichen und der Quotient als Güteverhältniss bezeichnet werden; um jedoch Missverständnissen vorzubeugen, muss immer angegeben sein, welchen dieser Werthe man verstanden wissen will. Wir haben in dem Obigen das Verhältniss der thatsächlich zur Beheizung nothwendigen Wärmemenge zu der von den Brennmaterialien entwickelten Wärme berechnet, und wollen dieses von nun als „effectives" Güteverhältniss der Heizung bezeichnen.

Dieses „effective" Güteverhältniss, wie es in der Rubrik *f* der Tabelle III aufgeführt ist, wird durch die verschiedensten Einflüsse geändert; z. B. dadurch, dass in dem Beobachtungsraume regelmässig zu stark oder zu schwach geheizt wird, oder die Wärmevertheilung eine ungünstige ist etc. Der bedeutendste Einfluss wird wohl von den localen Verhältnissen der Gebäude herrühren, ob dieselben z. B. frei stehen oder eingebaut sind. Die beiden Schulhäuser in der

Maffeistrasse und Löwengrube sind mit den Mauern, welche die grösste Ausdehnung besitzen, an andere und zwar Privat-Wohngebäude angelehnt, wesshalb diese nicht als Abkühlungsflächen gerechnet werden dürften, wenn alle angebauten Räume entsprechend geheizt wären. Da man hierüber einen genauen Aufschluss nicht erhalten kann, lässt sich nur die extreme Annahme machen, dass alle nebenanliegenden Räume fortwährend geheizt sind. Unter dieser bei der Art der anliegenden Gebäude wahrscheinlichen Voraussetzung sind die zum Heizen erforderlichen Wärmemengen und das denselben entsprechende Güteverhältniss ebenfalls berechnet und in der Tabelle III mit den anderen Werthen aufgeführt.

In der folgenden Tabelle sind für die Heizanlagen von ähnlicher Construction die Güteverhältnisse zusammengestellt, um vielleicht einen Einblick in ihre Wirkungsweise zu gewinnen. Es ist:

a) **Für Öfen älterer Construction.**

Angabe der Schulhäuser	Güteverhältniss
Maffeistrasse	37
Baumstrasse	35
v. d. Tannstrasse	27
Louisenstrasse Nr. 3	42
Glockenstrasse	50
Mittel	36

b) **Für Öfen mit Mantel.**

Angabe des Schulhäuser	Güteverhältniss
Löwengrube	33
Annastrasse	39
Louisenstrasse Nr. 13	30
Mittel	34

c) **Für Caloriferen von Heckmann u. Kelling.**

Angabe der Schulhäuser	Güteverhältniss
Frauenstrasse	31
Gabelsbergerstrasse	33
Schwanthalerstrasse	33
Mittel	32

Die Heizungen in den Schulhäusern im Rosenthal und in Giesing wurden nicht in die Vergleichung hereingezogen, da die schon erwähnten complicirten Verhältnisse eine Genauigkeit nicht erwarten lassen.

Die Unterschiede, welche sich schon bei einer und derselben Heizanlage wie z. B. am auffallendsten bei der älteren Ofenheizung ergeben, lassen vermuthen, dass andere von der Heizanlage ganz unabhängige Bedingungen den Wärmeverbrauch weit mehr als jene beeinflussen. Vor Allem werden es die baulichen Verhältnisse der Häuser sein, welche einen grösseren oder geringeren Wärmeverbrauch veranlassen, wie wir schon an den Schulhäusern in der Maffeistrasse

und Löwengrube gezeigt haben. Kaum wird es aber möglich sein, das geringe Güteverhältniss in der v. d. Tann-Strasse und das sehr günstige in der Glockenstrasse auf die baulichen Verhältnisse zurückzuführen. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass das Resultat in dem Schulhause an der Glockenstrasse neben Anderem dadurch bedingt ist, dass dasselbe meist stärker mit Schulkindern überfüllt war, als die übrigen. Nimmt man nämlich die von einem Kinde in 1 Stunde ausgegebene Wärmemenge zu 24 W.-E. an, so beträgt dieselbe in 183 Tagen, da die Kinder an jedem Tage 6 Stunden im Schulzimmer sich aufhalten, 26350 W.-E. In einem Schulhause können nun leicht in dem gleichen Raume 100 Kinder mehr als in einem andern sich befinden, was einem plus von 2.6 Millionen W.-E. entsprechen würde; ein Betrag, der das Güteverhältniss für das Schulhaus in der Glockenstrasse auf 48% erniedrigen würde. Andere Einflüsse, ob in einem Schulhause die mittlere Temperatur permanent höher oder niederer. als in den anderen erhalten wird. ob die Art der Beheizung zweckmässig, ob Veruntreuungen vorkommen etc. wollen wir nur erwähnen, um die Schwankungen im Güteverhältniss bei gleichen Heizanlagen nicht als auffällig erscheinen zu lassen.

Auch in den Mittelwerthen der verschiedenen Heiz-Systeme zeigen sich zu geringe Unterschiede, um irgend einem derselben einen wesentlichen Vortheil in dieser Beziehung zusprechen zu dürfen. Nach den erhaltenen Zahlen würde das effective Verhältniss der Heizungen mit gewöhnlichen und Mantelöfen dem der Centralheizungen etwas überlegen sein.

Dieses unvermuthete Resultat. dass nämlich das effektive Güteverhältniss der Centralheizungen sich sogar etwas tiefer, als das der anderen Heizungen stellt, musste uns veranlassen, nach dem näheren Grunde hiefür zu forschen. Wir vermuthen, dass die bedeutendsten Wärmeverluste bei den Centralheizungen nicht im Heerde, noch bei der Ueberleitung der Wärme in die Heizfläche und den Beobachtungsraum eintreten. sondern vielmehr durch die unzweckmässige Verwendung der gewonnenen Wärme entstehen, und dadurch das effective Güteverhältniss sich ungünstig gestaltet; desshalb waren wir bestrebt. wenigstens für einige Centralheizungen. nämlich für die Kelling'sche und die Heckmann'sche Luftheizung. die Verwerthung der den

Räumen gelieferten Wärmemengen zu untersuchen. Durch die Beobachtungen von v. Bezold und dem Einen von uns war nachgewiesen, dass die Temperatur sehr ungleichmässig sich vertheilen und dadurch die Heizung ungünstig werden kann. Eine Gleichmässigkeit in der Temperatur ist bei der geringen Wirkung der Wärmeleitung nur durch eine genügende Luftmischung zu erwarten; wesshalb die Frage nach einer in dieser Hinsicht zweckmässigen Heizung mit der Frage nach einer ausreichenden Luftmischung zusammenfällt. Unsere nächste Aufgabe bildete desshalb das Studium aller auf die Luftmischung in einem Raume wirkenden Einflüsse, und wir suchten dieselbe dadurch zu lösen, dass wir zuerst die Temperaturvertheilung sowohl in nicht geheizten wie geheizten Räumen, sodann die Vertheilung der Feuchtigkeit und endlich die der Kohlensäure beobachteten.

Das Hauptresultat der vorausgehenden Betrachtungen glauben wir aber darin erblicken zu dürfen, dass wir auf die sehr hohe Bedeutung des von uns „effectiv" genannten Güteverhältnisses der Heizungen aufmerksam gemacht haben, dessen Bestimmung nach unserer Meinung, wenn alle zur Berechnung derselben nothwendigen Zahlen ausgemittelt sind, den Ausgangspunkt für alle Heizuntersuchungen bilden muss. Wir hoffen, dass es uns in der Folge gelingt, die eben erwähnte Lücke bezüglich jener Zahlenwerthe auszufüllen. Ausserdem haben wir gezeigt, dass das „effective" Güteverhältniss der verschiedenen Heizanlagen nicht wesentlich differirt.

2. Temperaturvertheilung in Zimmern.

Ueber die Wärmevertheilung geheizter Räume scheinen uns die Untersuchungen von B. u. V.[1]) im Allgemeinen genügende Anhaltspunkte zu bieten, während wir es für nothwendig hielten, auch in ungeheizten Räumen Beobachtungen anzustellen, um den durch die Heizung allein bewirkten Effect kennen zu lernen. Wir liessen desshalb auch in dem Sommer Temperaturbeobachtungen ausführen, und zwar sowohl dann, wenn die Zimmer keine künstliche Ventilation hatten, als auch wenn sie ventilirt wurden. Nur einige Bemerkungen

1) a. a. O.

über die Temperaturvertheilung in geheizten Räumen werden wir noch anschliessen.

Die Beobachtungen führten wir in dem Schulhause an der Gabelsbergerstrasse aus, und zwar ganz in der gleichen-Weise, wie in der eben citirten Arbeit.

Für die Untersuchung wurden wie dort die 4 übereinanderliegenden mit I — IV bezeichneten Zimmer von genau gleicher Grösse, 9.6^m Länge, 7^m Breite und 4^m Höhe ausgewählt. Die nach Norden gerichteten Wände dieser Zimmer haben je 4 Fenster, die Südwände gränzen an einen Corridor, die Ostwände an das Stiegenhaus und die Westwände endlich stehen vollkommen frei; der weitere Bau lehnt sich im Osten an das Stiegenhaus an. Manchmal wurden die an das Stiegenhaus angränzenden 3 übereinanderliegenden Schulzimmer V, VI und VII mit in die Beobachtung gezogen; diese unterscheiden sich von den Zimmern I—IV dadurch, dass die Westwände nach dem Stiegenhaus gehen, an den Ostwänden, die in der Mittellinie des ganzen Baues liegen, weitere Schulzimmer angränzen. Auf den mittleren Vertical-Linien der Wände nun waren in jedem Zimmer drei Thermometer angebracht, das eine am Boden, das zweite in halber Höhe und das dritte an der Decke. Alle Thermometer waren auf Holzleisten befestiget, um sie gegen die Strahlung der Wände zu schützen. Bezüglich der detailirteren Beschreibung verweisen wir auf die erwähnte Arbeit.

Wie früher wurden die meisten Ablesungen von den Herren Lehrern mit der grössten Bereitwilligkeit und Sorgfalt ausgeführt.

a) Temperaturvertheilung in nicht geheizten, nicht ventilirten Räumen.

In der Tabelle IV geben wir die während der Woche vom 21. bis 26. Juni gefundenen Zahlen, jedoch nur die Mittelwerthe für 8^h, 10^h, 2^h und 4^h, um die Tabelle nicht übermässig zu vergrössern.

Tabelle IV.

Mittel aus den Beobachtungen vom 21.—26. Juni 1874.

	Ost-Wand					Süd-Wand					West-Wand					Nord-Wand				
	8h	10h	2h	4h	Mittel	8h	10h	2h	4h	Mittel	8h	10h	2h	4h	Mittel	8h	10h	2h	4h	Mittel
Zimmer IV über drei Treppen.																				
Ober. Th.	19.4	20.4	20.1	20.6	20.1	19.8	21.4	20.7	21.8	20.7	19.6	21.1	20.6	21.1	20.6	20.1	21.4	20.9	21.7	21.0
Mittl. „	19.1	20.4	20.0	21.0	20.1	20.0	21.6	20.9	22.2	21.2	19.7	20.7	20.3	21.2	20.5	19.7	21.0	20.5	21.4	20.6
Unt. „	18.7	20.1	19.8	20.5	19.8	19.2	20.4	20.0	20.8	20.1	19.3	20.7	20.2	21.2	20.3	19.0	20.5	19.9	21.1	20.1
Zimmer III über zwei Treppen.																				
Ober. Th.	18.5	19.4	19.5	19.8	19.3	19.7	20.5	20.2	20.3	20.2	19.5	20.7	20.7	20.6	20.4	19.4	20.3	20.4	20.2	20.1
Mittl. „	18.7	19.7	19.8	20.1	19.6	19.7	20.9	21.0	21.0	20.6	19.7	20.7	20.6	20.9	20.5	19.6	20.5	20.6	20.6	20.3
Unt. „	18.4	19.6	19.5	19.7	19.3	19.1	19.9	20.1	20.3	19.9	18.9	19.8	19.7	20.0	19.6	18.7	19.5	19.6	19.6	19.3
Zimmer II über eine Treppe.																				
Ober. Th.	18.1	19.0	18.7	19.2	18.8	18.3	18.8	19.8	19.8	19.2	18.3	19.3	18.7	19.7	19.0	18.4	19.1	18.9	19.7	19.0
Mittl. „	17.3	18.6	18.5	19.1	18.4	18.1	19.8	19.4	19.8	19.3	18.1	19.1	18.7	19.7	18.9	17.9	19.2	19.1	19.7	19.0
Unt. „	17.0	18.0	17.7	18.4	17.8	17.6	18.9	18.6	19.3	18.6	17.3	18.4	18.4	18.7	18.2	17.3	18.5	18.4	18.9	18.3
Zimmer I Parterre.																				
Ober. Th.	17.1	17.8	18.0	18.5	17.9	18.4	19.5	19.5	19.6	19.2	17.7	18.2	18.5	18.6	18.2	18.1	19.0	19.2	19.4	18.9
Mittl. „	16.7	17.5	17.6	17.9	17.4	17.5	18.6	18.8	18.9	18.4	17.3	18.1	18.4	18.2	18.0	17.6	18.5	18.7	18.7	18.4
Unt. „	16.3	17.3	17.3	17.4	17.1	16.7	17.7	17.7	18.0	17.5	16.3	17.1	17.4	17.4	17.1	17.0	17.8	17.9	18.0	17.7
Zimmer VII über drei Treppen.																				
Mittl. Th.	19.2	21.3	20.9	22.1	20.9	19.3	21.2	20.9	21.9	20.8	19.1	20.9	20.6	21.5	20.5	19.1	20.9	20.5	21.4	20.5
Zimmer VI über zwei Treppen.																				
Mittl. Th.	19.7	20.4	20.6	20.8	20.4	19.7	20.6	20.9	21.3	20.6	19.7	20.3	20.5	21.0	20.4	19.6	20.5	20.8	21.4	20.4
Zimmer V über eine Treppe.																				
Mittl. Th.	18.7	19.4	20.0	20.4	19.6	19.0	20.3	20.2	20.8	20.1	18.6	19.5	19.5	19.8	19.4	18.6	20.1	20.1	20.6	20.1

Des rascheren Ueberblickes wegen stellen wir im Folgenden die Gesammtmittel aus den für die verschiedenen Stunden gefundenen Temperaturen zusammen.

Gesammtmittel aus den Beobachtungen vom 21.—26. Juni 1874.

		Ost	Süd	West	Nord	Mittel
III Treppen Zimmer IV	Oben	20.1	20.7	20.6	21.0	20.6
	Mitte	20.1	21.2	20.5	20.6	20.6
	Unten	19.8	20.1	20.3	20.1	20.1
II Treppen Zimmer III	Oben	19.3	20.2	20.4	20.1	20.0
	Mitte	19.6	20.6	20.5	20.3	20.2
	Unten	19.3	19.9	19.6	19.3	19.5
I Treppe Zimmer II	Oben	18.8	19.2	19.0	19.0	19.0
	Mitte	18.4	19.3	18.9	19.0	18.9
	Unten	17.8	18.6	18.2	18.3	18.2
Parterre Zimmer I	Oben	17.9	19.2	18.2	18.9	18.5
	Mitte	17.4	18.4	18.0	18.4	18.1
	Unten	17.1	17 5	17.1	17.7	17.4
Mittel		18.8	19.6	19.2	19.4	

		Ost	Süd	West	Nord	Mittel
III Treppen Zimmer VII	Mitte	20.9	20.8	20.5	20.5	20.7
II Treppen Zimmer VI	Mitte	20.4	20.6	20.4	20.4	20.4
I Treppe Zimmer V	Mitte	19.9	20.1	19.4	20.1	19.8
Mittel		20.3	20.5	20.1	20.2	

Es ist hieraus ersichtlich, dass auch ohne Heizung die Temperaturunterschiede in den übereinander befindlichen Stockwerken noch ziemlich bedeutend sind, obwohl die äussere Temperatur im Mittel nur wenig von der mittleren Zimmertemperatur verschieden ist. Schon der Parterreraum besitzt eine Temperatur, welche die mittlere

Temperatur der freien Luft etwas übersteigt, während sie in den übrigen Stockwerken sich noch höher stellt.

Nach den Angaben Lamont's war die Temperatur der atmosphärischen Luft:

Datum	8h	10h	2h	4h	Mittel
21. Juni	15.2	18.1	20.5	19.7	18.4
22. "	15.9	18.9	20.4	14.0	17.3
24. "	15.6	18.5	21.0	20.0	18.8
25. "	12.3	12.3	15.4	14.1	13.5
26. "	15.1	17.0	21.7	20.7	18.6
Mittel	14.8	16.9	19.8	17.7	17.3

Diese eigenthümliche Erscheinung kann als eine Wirkung der von Aussen erfolgenden Bestrahlung des Gebäudes angesehen werden, und in der That ist die Temperaturvertheilung im Allgemeinen ganz entsprechend einem von Aussen durch Wärmestrahlen getroffenen Körper. Die mittlere Temperatur an den nach Aussen gelegenen Wänden ist höher als die an den Innenwänden. In den Räumen I—IV ist an der nach Innen gelegenen Ostwand die Temperatur weit niederer als an der nach Aussen liegenden Westwand, während in den beheizten Räumen diess umgekehrt war; bei V—VII dagegen fällt dieser Unterschied weg, weil hier im Osten und Westen Innenwände sind. Da die Erwärmung auch vom Dache aus erfolgt, so ist wohl die höhere Temperatur in den oberen Stockwerken erklärlich. Dennoch deutet die in den einzelnen Stockwerken an der Decke gefundene höhere Temperatur und die durchschnittlich höhere Temperatur des Mittelbaues, gegenüber der im Seitenflügel, auch auf eine innere Wärmequelle. Es sind nämlich nach den obigen Zahlen in der Mitte eines jeden Raumes folgende Temperaturen:

	Seitenbau	Mittelbau
III Treppen	20.6	20 .7
II Treppen	20.2	20 4
I Treppe	18.9	19.8
Mittel	19.9	20.3

Es ist wohl natürlich, dass durch den Aufenthalt der Schulkinder in den Räumen diese innere Wärmequelle gegeben ist; weitere Untersuchungen in dieser Richtung werden vollkommenen Aufschluss darüber geben.

b) Temperatur-Vertheilung in nicht geheizten, aber ventilirten Räumen.

Es war uns von Interesse zu untersuchen, ob und welch ein Unterschied in der Temperaturvertheilung sich in den Räumen ergibt, wenn in denselben Sommerventilation besteht.[1]) Diese dahin zielenden Beobachtungen sind in der Tabelle V, a zusammmengestellt.

(Siehe die Tabelle V, a auf Seite 19.)

Auch aus dieser Tabelle entnehmen wir die mittleren Werthe der Temperaturen. Es ist:

Tabelle V, b.

Gesammtmittel aus den Beobachtungen vom 8.—14. Juli 1874.

(Sommerventilation.)

		Ost	Süd	West	Nord	Mittel
III Treppen Zimmer IV	Oben	26.8	27.2	26.9	26.9	26.9
	Mitte	26.4	26.8	26.7	26.6	26.6
	Unten	26.0	26.2	26.3	26.0	26.1
II Treppen Zimmer III	Oben	25.8	26.2	26.1	26.1	26.0
	Mitte	25.9	26 0	26.2	26.1	26.0
	Unten	25.1	25.6	25.7	25.5	25.5
I Treppe Zimmer II	Oben	25.7	25.6	25.9	25.5	25.7
	Mitte	25.1	25.7	25.8	25.4	25.5
	Unten	24.8	24.8	25.0	24.8	24.8
Parterre Zimmer I	Oben	24.8	25.1	24.8	25.0	24.9
	Mitte	24.4	24.8	24.6	24.8	24.7
	Unten	24.4	23.4	23.2	23.8	23.7
Mittel		25.4	25.6	25.6	25.5	
III Treppen Zimmer VII	Mitte	26.6	26.6	26.4	26.5	26.5
II Treppen Zimmer VI	Mitte	25.9	26.3	25.8	26.2	26.0
I Treppe Zimmer V	Mitte	25.3	25.6	25.1	25.5	25.4
Mittel		25.9	26.2	25.8	26.1	

1) Hinsichtlich der Anordnung der Sommerventilation verweisen wir auf die Angaben von August Voit „Ueber den Neubau des Schulhauses an der Schwanthalerstrasse in München.“ Zeitschr. d. b. Ing. u. Archit. Vereins, 1873, p. 68.

Tabelle V, a.

Mittel aus den Beobachtungen vom 8.—14. Juli 1874. (Sommerventilation.)

	Ost-Wand					Süd-Wand					West-Wand					Nord-Wand				
	8h	10h	2h	4h	Mittel	8h	10h	2h	4h	Mittel	8h	10h	2h	4h	Mittel	8h	10h	2h	4h	Mittel
Zimmer IV über drei Treppen.																				
Ober. Th.	26.4	27.0	26.8	26.9	26.8	26.6	27.2	27.4	27.4	27.2	26.4	26.9	27.0	27.2	26.9	26.6	27.2	27.0	26.9	26.9
Mittl. „	25.9	26.5	26.5	26.9	26.4	26.4	26.9	27.0	27.1	26.8	26.2	26.8	26.8	26.9	26.7	26.0	26.8	26.8	26.8	26.6
Unt. „	25.4	26.0	26.2	26.5	26.0	25.8	26.4	26.0	26.6	26.2	25.7	26.5	26.4	26.5	26.3	95.5	25.9	26.2	26.4	26.0
Zimmer III über zwei Treppen.																				
Ober. Th.	25.2	25.8	25.7	26.6	25.8	25.6	25.9	26.7	26.7	26.2	25.5	26.0	26.1	26.7	26.1	25.7	25.9	26.2	26.5	26.1
Mittl. „	25.3	26.3	25.3	26.6	25.9	25.5	25.9	25.7	26.8	26.0	25.8	26.2	26.1	26.8	26.2	25.7	26.1	26.2	26.4	26.1
Unt. „	24.7	25.1	24.7	26.1	25.1	25.0	25.6	25.6	26.2	25.6	25.6	25.5	25.5	26.2	25.7	25.0	25.5	25.8	25.7	25.5
Zimmer II über einer Treppe.																				
Ober. Th.	24.9	25.8	25.5	26.4	25.7	24.3	25.3	26.2	26.4	25.6	25.3	25.9	26.1	26.4	25.9	24.9	25.7	25.4	26.0	25.5
Mittl. „	24.4	24.3	25.5	26.3	25.1	24.6	25.7	26.1	26.5	25.7	25.1	25.7	26.0	26.4	25.8	24.3	25.4	25.9	26.0	25.4
Unt. „	23.7	24.5	25.0	25.9	24.8	23.8	24.5	25.2	25.7	24.8	24.3	25.1	25.0	25.6	25.0	23.8	24.9	25.2	25.5	24.8
Zimmer I Parterre.																				
Ober. Th.	24.2	24.6	25.2	25.4	24.8	24.3	25.2	25.6	25.4	25.1	24.2	24.8	25.0	25.1	24.8	24.5	25.0	25.3	25.2	25.0
Mittl. „	23.8	24.4	25.1	24.1	24.4	24.2	24.8	25.3	24.9	24.8	23.9	24.5	24.9	24.9	24.6	24.1	24.6	25.1	24.9	24.8
Unt. „	23.5	24.3	24.8	24.9	24.4	22.6	23.4	23.8	23.5	23.4	22.6	23.2	23.6	23.5	23.2	23.0	23.6	24.1	23.8	23.8
Zimmer VII über drei Treppen.																				
Mittl. Th.	25.7	26.5	27.0	27.3	26.6	25.8	26.5	26.9	27.1	26.6	25.6	26.4	26.5	26.9	26.4	25.8	26.4	26.8	26.9	26.5
Zimmer VI über zwei Treppen.																				
Mittl. Th.	25.1	26.1	26.0	26.6	25.9	25.3	26.5	26.5	26.7	26.3	25.0	26.0	25.9	26.4	25.8	25.3	26.5	26.4	26.6	26.2
Zimmer V über einer Treppe.																				
Mittl. Th.	24.7	25.3	25.3	25.8	25.3	25.1	25.7	25.5	26.1	25.6	24.5	25.0	25.2	25.6	25.1	25.1	25.6	25.6	25.9	25.5

Wir haben eine weitere Reihe von Temperatur-Beobachtungen vom 18. — 21. September 1874 bei Sommerventilation ausgeführt, welche wir desshalb hier, jedoch nur mit den Gesammtmittelzahlen wiedergeben, weil durch die höhere Aussentemperatur bei den Beobachtungen vom 8. — 14. Juli eine directe Vergleichung mit denen vom 21.—26. Juni unzulässig erscheinen könnte.

Tabelle VI.

Gesammtmittel aus den Beobachtungen vom 18. — 21. September 1874.

(Sommerventilation.)

		Ost	Süd	West	Nord	Mittel
III Treppen Zimmer IV	Oben	19.7	18.0	17.7	18.0	18.4
	Mitte	18.2	17.3	17.3	17.4	17.6
	Unten	17.7	17.4	17.1	16.6	17.2
II Treppen Zimmer III	Oben	19.0	17.9	16.8	17.0	17.4
	Mitte	17.2	17.8	16.8	17.1	17.2
	Unten	17.2	16.9	16.0	16.2	16.6
I Treppe Zimmer II	Oben	17.6	16.2	15.7	15.6	16.3
	Mitte	16.3	15.7	15.7	15.5	15.8
	Unten	16.2	15.4	14.9	14.9	15.4
Parterre Zimmer I	Oben	16.2	15.7	15.1	15.1	15.5
	Mitte	16.0	15.2	14.9	14.9	15.2
	Unten	16.1	14.9	14.2	14.4	14.9
Mittel		17.3	16.5	16.0	16.1	

Die Unterschiede, welche in den Beobachtungsreihen mit künstlichem Luftwechsel gegenüber den Versuchen ohne Ventilation zu bemerken sind, bestehen lediglich in der relativ höheren Temperatur der Ostwand im Seitenbau und der Westwand im Mittelbau, da in dieser die Kanäle liegen, die zur Erzielung der Ventilation geheizt wurden; sonst ist im Allgemeinen der gleiche Charakter geblieben. Es sind besonders die Temperaturunterschiede in den einzelnen Stockwerken nicht geringer geworden, obwohl man bei einer kräftig wirkenden Ventilation eine vollkommene Mischung der Luft und damit ein Verschwinden der Temperaturdifferenzen in einem Raume hätte vermuthen sollen. Um dieses unerwartete eben ausgesprochene Beobachtungsresultat klar hervortreten zu lassen, stellen wir die

Temperaturzunahmen im verticalen Sinne pro 1^m zusammen, indem wir die mittlere Temperatur im Freien während der Beobachtungszeit mit δ_1, die mittlere Temperatur des Raumes in 2.5^m Höhe mit δ_2, die Differenz $(\delta_1 - \delta_2)$ mit Δ, und endlich die Temperaturzunahme pro 1^m mit t bezeichnen. Es ist dann:

Tabelle VII.

1) Während der Beobachtungen vom 21. — 26. Juni.
(Ohne Ventilation.)

	δ_1	δ_2	Δ	t
Zimmer IV	+ 17.3	20.6	+ 3.3	0.1
„ III	+ 17.3	20.0	+ 2.7	0.1
„ II	+ 17.3	18.9	+ 1.6	0.2
„ I	+ 17.3	18.2	+ 0.9	0.3

2) Während der Beobachtungen vom 8. — 14. Juli.
(Mit Sommerventilation.)

	δ_1	δ_2	Δ	t
Zimmer IV	+ 26.0	26.7	+ 0.7	0.2
„ III	+ 26.0	25.6	— 0.4	0.1
„ II	+ 26.0	25.5	— 0.5	0.2
„ I	+ 26.0	24.7	— 1.3	0.3

3) Während der Beobachtungen vom 18. — 21. September.
(Mit Sommerventilation.)

	δ_1	δ_2	Δ	t
Zimmer IV	+ 16.8	17.8	+ 1.0	0.3
„ III	+ 16.8	17.3	+ 0.5	0.2
„ II	+ 16.8	15.9	— 0.9	0.2
„ I	+ 16.8	15.3	— 1.5	0.2

Die Temperaturzunahme pro 1^m ist bei der Sommerventilation eher etwas grösser als ohne künstlichen Luftwechsel. Es mag diess vielleicht davon herrühren, dass bei der Sommerventilation die Luft

an dem Boden des Zimmers entnommen wird. Jedenfalls dürfen wir aus den angeführten Temperatur-Beobachtnngen schliessen, dass eine Mischung der Luft durch die Sommerventilation nur in geringem Maasse erfolgte, obwohl die Menge der aus den Räumen entnommenen Luft nicht unbeträchtlich war, wie wir durch später anzuführende Bestimmungen nachweisen werden.

Wir unterlassen es vorläufig, weitergehende Folgerungen über die Wirkung der Sommerventilation zu ziehen, weil wir durch fernere Untersuchungen über diesen Gegenstand noch genauere Aufschlüsse zu erhalten hoffen.

c) Temperaturvertheilung in geheizten Räumen.

Anschliessend an die vorausgehenden Erfahrungen über die Temperaturvertheilung in ungeheizten Räumen, wollen wir noch einen kurzen Nachtrag zu den Beobachtungen von v. Bezold und dem Einen von uns in geheizten Räumen liefern. Von diesen wurde eine ungleichmässige Wärmevertheilung in den Räumen des Schulhauses an der Gabelsbergerstrasse bei der Heizung dargethan. Wir entnehmen von dort [1]) des Vergleiches wegen eine Tabelle, welche die Temperaturzunahme pro 1^m für die auch von uns untersuchten Zimmer angibt.

Während der Heizperiode vom 18.—21. Februar 1873 war:

	δ_1	δ_2	$\varDelta$	t
Zimmer IV	— 5.0	20.8	25.8	1.8
„ III	— 5.0	21.9	26.9	3.0
„ II	— 5.0	19.8	24.8	2.2
„ I	— 5.0	19.9	24.9	2.6

Ferner wurde nachgewiesen, dass die beobachtete Wärmevertheilung die Folge einer ungenügenden Luftmischung in den geheizten Räumen war.

Es lag nun der Gedanke nahe, durch die Art der Luft-Einleitung eine hinreichende Mengung zu erzielen. Wir versuchten,

1) a. a. O. pag. 10.

dem entsprechend, durch eine Ansatzröhre an die Ausmündungskanäle die erhitzte Luft mehr den unteren und den in mittlerer Höhe gelegenen Parthien des Zimmers zuzuleiten. Es schien uns wahrscheinlich, dass schon hiedurch eine bessere Mischung und damit auch ein besserer Effect erzielt werden könnte.

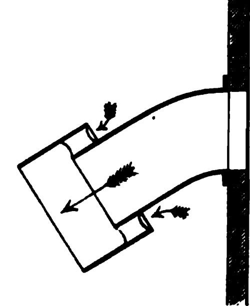


Fig. 2.

Die an die Ausströmungsöffnungen befestigte Ansatzröhre, welche wir zu den vergleichenden Versuchen verwendeten, hatte die in der nebenstehenden Figur 2 gezeichnete Form. Die Beobachtungen selbst wurden am Anfange der Heizperiode des Jahres 1875 ausgeführt. Die Resultate sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt; alle Beobachtungen mit der Ansatzröhre sind mit * bezeichnet; im Uebrigen ist die Anordnung wie bei den früheren Tabellen.

(Siehe die Tabellen VIII,a und b auf Seite 24.)

Jedenfalls geht aus diesen Beobachtungen im Vergleiche mit den obigen hervor, dass durch die Ansatzröhre eine wesentliche Aenderung in der Temperatur-Vertheilung nicht erzielt wurde. Im 2. Stockwerke ist zwar eine kleine Wirkung nicht zu verkennen, dieselbe ist jedoch nur sehr unbedeutend. Dieser geringe Effect wird erklärlich, wenn man die Wirkungsweise der Ansatzröhre betrachtet. Einestheils wird durch die schiefe Richtung derselben die erhitzte Luft mehr in die Mitte des Zimmers geleitet, und anderntheils könnte sie durch den negativen seitlichen Druck, ähnlich wie eine Giffard'sche Pumpe, die Zimmerluft mit in Bewegung setzen. In Figur 2 ist dies Mitreissen der Zimmerluft durch die erhizte Luft mit Pfeilen angedeutet. Beide im Vorausgehenden erwähnten Wirkungen können nur dann von Bedeutung sein, wenn die Geschwindigkeit der ausströmenden Luft ziemlich gross ist. Dies ist jedoch hier, wie durch später anzuführende Untersuchungen gezeigt werden kann, nicht der Fall. Bei grösseren Austrittsgeschwindigkeiten der erhitzten Luft wäre es möglich, etwas günstigere Resultate durch eine Ansatzröhre von der angegebenen Form zu erhalten. Vollkommen ausreichend wird jedoch nach unseren Versuchen die Mengung der

Tabelle VIII, a.

Beobachtungen vom 28. Januar bis 3. Februar 1875. (Mit Ansatzrohr.)

		Ost			Süd			West			Nord			Mittel		
		1. u. 3. Febr.	28. u. 29. Jan.	28. u. 30. Jan.	1. u. 3. Febr.	28. u. 29. Jan.	28. u. 30. Jan.	1. u. 3. Febr.	28. u. 29. Jan.	28. u. 30. Jan.	1. u. 3. Febr.	28. u. 29. Jan.	28. u. 30. Jan.	1. u. 3. Febr.	28. u. 29. Jan.	28. u. 30. Jan.
III Treppen Zimmer IV	Oben	22.8	25.2	22.7	20.6	22.1	20.1	17.8	20.3	20·1	21.1	21.1	22.8	20.6	22.2	21.4
	Mitte	17.6	20.6	20.9	18.8	24.0	22.3	17.2	19.9	19.6	15.1	17.8	18.1	17.2	20.6	20.2
	Unten	10.9	17.7	17.4	13.3	15.3	16.5	12.4	14.2	15.1	12.3	14.1	15.5	12.2	15.3	16.1
II Treppen Zimmer III	Oben	34.1	34.2*	41.1	21.3	22.6*	22.1	19.7	21.0*	20.5	21.5	21.8*	21.7	24.1	24.9*	26.4
	Mitte	15.9	22.3*	20.7	15.6	23.7*	19.2	14.4	20.6*	18.0	14.7	20.5*	17.9	15.2	21.8*	18.9
	Unten	11.6	15.4*	17.3	12.6	20.9*	15.4	10.6	15.8*	15.9	9.9	12.2*	13.1	11.2	14.8*	15.4
I. Treppe Zimmer II.	Oben	31.6	25.7	24.0	25.3	26.6	20.2	19.3	22.2	17.7	22.7	23.7	18.7	24.7	24.5	20.1
	Mitte	18.5	20.1	18.6	18.7	20.3	16.4	16.6	18.1	15.5	16.2	17.5	15.5	18.5	19.0	16.5
	Unten	13.1	15.8	17.2	12.5	14.0	13.2	11.1	10.5	10.8	12.2	12.4	12.4	12.2	13.2	13.4
Parterre Zimmer I.	Oben	26.7*	22.6	24.8	25.2*	32.1	27.2	19.7*	23.0	23.6	21.2*	21.0	22.2	23.2*	24.7	24.5
	Mitte	19.3*	19.9	21.0	18.4*	19.0	19.0	16.8*	16.5	16.8	16.4*	16.7	17.2	17.7*	18.0	18.5
	Unten	17.4*	17.7	20.2	13.5*	13.8	15.2	10.9*	11.6	12.4	12.1*	12.6	13.5	13.5*	13.9	15.3

Die Temperaturzunahmen in verticalem Sinne für 1m sind in Folgendem in derselben Weise wie bei den übrigen Beobachtungen zusammengestellt.

Tabelle VIII, b.

Beobachtungen vom 28. Januar bis 3. Februar 1875.

	δ_1			δ_2			Δ			t			Mittel
Zimmer IV	− 2.4	− 3.1	+ 0.6	17.8	21.0	20.5	20.2	24.1	19.9	2.1	1.7	1.3	1.7
„ III	− 2.4	− 3.1*	+ 0.6	17.2	22.6*	20.8	19.6	25.7*	20.2	3.2	2.5*	2.7	2.8
„ II	− 2.4	− 3.1	+ 0.6	20.0	20.4	17.4	22.4	23.5	16.8	3.1	2.8	1.7	2.5
„ I	− 2.4*	− 3.1	+ 0.6	19.1*	19.7	20.0	21.5	22.8	19.4	2.4*	2.7	2.3	2.5

Luft niemals auf diesem Wege bewirkt werden können. Zweckmässiger scheint es, die Luftmengung durch Strömungen zu erzielen, welche aus Temperaturunterschieden entspringen. Es kann diess dadurch erreicht werden, dass die Ausströmungsöffnung näher an den Boden gelegt wird; selbstverständlich wären dann die Bewohner des Zimmers durch Vorkehrungen gegen direkte Strömungen zu schützen. Da uns bei der Neuanlage eines Schulhauses in hiesiger Stadt Gelegenheit gegeben ist, in dieser Richtung Versuche anzustellen, so unterlassen wir es, schon jetzt unsere Ansicht darüber zu äussern. Ein anderer Gedanke, die erhitzte Luft nicht nur am Boden eintreten zu lassen, sondern sie auch wie bei den Mantelöfen zur Luftbewegung zu verwerthen, scheint nach neueren Versuchen v. Bezold's leicht realisirbar. v. Bezold wird über diese Beobachtungen selbst zu referiren Gelegenheit finden.

Fassen wir die allgemeinen Schlüsse, welche wir aus den Beobachtungen über die Temperaturvertheilung in den Schulzimmern ziehen können, in einzelne Sätze, so sind dieselben:

1) Im Sommer erwärmt sich ein Gebäude durch äussere Bestrahlung, wodurch die oberen nnd äusseren Räume desselben eine höhere Temperatur annehmen.

2) Die Ventilation vermittelst Ansaugen bewirkt in der Temperaturvertheilung keine merkliche Aenderung.

3) Geheizte Räume verlieren einen grossen Theil ihrer Wärme an die darüber liegenden Theile des Gebäudes.

4) Das Eintreiben von Luft, die nicht durch Temperaturunterschiede zur Circulation veranlasst wird, bewirkt keine beträchtliche Luftmischung.

3. Feuchtigkeitsgehalt in Zimmern.

Gleichzeitig mit den Beobachtungen der Temperaturen und deren Vertheilung in den zu untersuchenden Räumen suchten wir auch den Feuchtigkeitsgehalt der Schulzimmerluft kennen zu lernen. Die diesbezüglichen Bestimmungen wurden in den gleichen Räumen wie die Temperaturbeobachtungen und zwar an August'schen Psychrometern vorgenommen, die in der mittleren Höhe der Innenwand (Südwand) der betreffenden Räume aufgestellt waren.

a) Feuchtigkeitsgehalt von nicht geheizten, nicht ventilirten Räumen.

Die ersten Beobachtungen wurden angestellt, während die Räume weder geheizt noch ventilirt wurden. Die Resultate sind in der Tabelle IX zusammengestellt, in welcher die Rubrik *a* die absolute Feuchtigkeit, d. h. die Zahl der in einem Cubikmeter enthaltenen Grammen Wasser, *r* die relative Feuchtigkeit, d. h. die Procentzahl der der effectiv vorhandenen Wassermenge im Vergleiche mit der zur vollkommenen Sättigung erforderlichen (in der Rubrik *s* angeführt), enthält.

Tabelle IX.

Feuchtigkeitsgehalt der verschiedenen Zimmer ohne Ventilation.

Datum	8 Uhr			10 Uhr			2 Uhr			4 Uhr			Mittel	
	s in Grm.	*a* in Grm.	*r* in Proc.	*s* in Grm.	*a* in Grm.	*r* in Proc.	*s* in Grm.	*a* in Grm.	*r* in Proc.	*s* in Grm.	*a* in Grm.	*r* in Proc.	*a* in Grm.	*r* in Proc.
Zimmer IV über drei Treppen.														
21. Juni	16.8	15.3	91	18.6	16.9	91	18.6	17.4	94	18.6	17.2	92	16.7	92
22. „	17.6	16.8	95	18.4	17.4	94	18.1	17.0	94	19.0	17.5	92	17.2	94
24. „	17.0	16.4	97	18.0	17.2	95	17.2	16.6	97	19.3	17.8	92	17.0	95
25. „	16.9	16.0	98	18.9	16.3	86	18.1	17.1	94	20.2	19.5	96	17.2	94
26. „	17.1	16.5	97	19.6	19.1	97	—	—	—	—	—	—	17.8	97
Ges.-Mittel	—	—	96	—	—	95	—	—	95	—	—	93	17.2	94
Zimmer III über zwei Treppen.														
21. Juni	17.1	12.5	73	17.1	12.5	73	17.5	12.3	70	17.3	12.4	72	12.4	72
22. „	16.9	10.5	62	18.1	11.3	62	17.9	11.1	62	17.0	9.9	58	10.7	61
24. „	16.4	15.1	92	17.9	16.3	91	17.9	16.7	93	18.1	17.1	94	16.4	92
25. „	16.8	14.9	88	17.9	16.6	92	19.1	18.2	95	19.9	18.9	95	17.1	92
26. „	17.1	16.3	95	19.1	18.2	95	—	—	—	—	—	—	17.2	95
Ges.-Mittel	—	—	82	—	—	83	—	—	80	—	—	80	14.7	82
Zimmer II über einer Treppe.														
21. Juni	14.9	12.7	85	17.6	12.2	69	17.8	12.1	68	16.4	12.4	75	12.3	74
22. „	15.7	11.3	72	16.2	10.3	63	16.4	9.8	60	17.6	9.8	56	10.1	63
24. „	15.3	12.4	81	16.2	12.4	76	15.3	12.0	78	16.2	13.2	81	12.5	79
25. „	15.3	11.0	72	17.1	11.1	65	16.9	10.6	63	18.1	11.9	66	11.1	67
26. „	15.7	12.0	77	17.6	12.2	69	—	—	—	—	—	—	12.1	73
Ges.-Mittel	—	—	77	—	—	70	—	—	67	—	—	69	11.6	71
Zimmer I Parterre.														
21. Juni	14.9	11.3	76	16.4	11.8	72	17.3	11.2	64	15.8	11.1	70	11.4	70
22. „	15.5	9.4	61	15.7	8.6	61	15.8	8.7	55	16.5	8.4	51	8.8	57
24. „	17.1	11.3	60	18.0	11.6	64	17.7	10.5	59	17.7	9.2	52	10.6	59
25. „	16.8	9.3	55	18.3	9.7	53	19.0	10.0	53	19.9	10.7	54	9.9	54
26. „	17.8	11.0	62	19.2	12.2	63	—	—	—	—	—	—	11.6	62
Ges.-Mittel	—	—	63	—	—	63	—	—	58	—	—	57	10.5	60

Die einzelnen Werthe lassen, wie die Mittelwerthe, eine Gesetzmässigkeit des Feuchtigkeitsgehaltes in den über einander liegenden Zimmern erkennen. Die Mittelwerthe der absoluten und relativen Feuchtigkeit sind:

	a in Grammen	*r* in Procenten
Zimmer IV	17.2	94
„ III	14.7	82
„ II	11.6	71
„ I	10.5	60

Man sieht, dass nicht nur der absolute Feuchtigkeitsgehalt in den höheren Stockwerken zunimmt; auch der relative Gehalt wächst und zwar nicht unbedeutend, obwohl, wie schon früher nachgewiesen wurde, die Temperatur in den oberen Stockwerken ebenfalls höher wird. Vergleichen wir nun damit den Feuchtigkeitsgehalt der Luft im Freien. Nach den Angaben Lamont's ist der Feuchtigkeitsgehalt:

Datum	8h			10h			2h			4h			Mittel	
	s	*a*	*r*	*s*	*a*	*r*	*s*	*a*	*r*	*s*	*a*	*r*	*a*	*r*
21. Juni	13.2	10.0	76	16.0	11.5	72	17.6	10.9	62	16.6	10.3	62	10.7	68
22. „	13.6	11.3	83	16.1	11.3	70	17.5	11.0	63	12.2	11.3	93	11.2	77
24. „	13.4	8.8	66	15.8	9.0	57	18.1	10.5	58	17.1	9.0	52	9.3	58
25. „	11.1	9.9	89	11.1	10.2	92	13.3	9.4	71	12.3	8.4	68	9.5	80
26. „	13.1	9.0	69	14.5	8.4	58	18.8	9.6	51	17.8	10.9	61	9.5	60
Gesammt-Mittel	-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10.0	69

Man erkennt sofort, dass zwischen den beiden Werthen nur ein geringer Zusammenhang besteht, dass mithin die Feuchtigkeit in den Räumen vorzüglich durch andere Quellen als durch den Wassergehalt der freien Luft gespeist wird. Während der Beobachtungen ist in der That auch eine sehr ausgiebige Quelle, nämlich die athmenden Kinder, vorhanden. Ausser 4 Erwachsenen, je einem

Lehrer in jedem Zimmer, befinden sich in den vier übereinander liegenden Zimmern:

IV.	70	Schüler	von	9	Jahren
III.	77	„	„	8	„
II.	62	„	„	7	„
I.	75	„	„	6	„

also etwa 290 Personen, welche in einer Stunde circa 5 Kilogramm dampfförmiges Wasser liefern. Der ganze Raum der Schulzimmer, 1080 Cubikmeter, würde sonach schon nach einer Stunde den absoluten Feuchtigkeitsgehalt 4.6 haben, wenn man voraussetzt, dass derselbe anfänglich völlig trocken sei und kein Luftwechsel stattfinde.

Nun überwiegt der Feuchtigkeitsgehalt nicht in allen Räumen um gleichviel den der äussern Luft, sondern steigt mit der Höhenlage der Stockwerke: er ist in den oberen Stockwerken grösser als unten, eine Erscheinung, für welche wir nach einer Erklärung suchen müssen.

Man könnte vermuthen, dass die Anzahl der in den Schulzimmern anwesenden Kinder den nach oben hin wachsenden Feuchtigkeitsgehalt bedinge. Allein die Kinderzahl zeigt mit den gefundenen Feuchtigkeitswerthen keinen Zusammenhang.

Auch der Altersunterschied der Kinder könnte einen Einfluss auf das beobachtete Verhalten des Wassergehaltes der Zimmerluft haben. Es ist nämlich seit den Untersuchungen von Andral und Gavarret und Scharling bekannt, dass die absolute Menge der vom Menschen pro Stunde ausgeschiedenen Kohlensäure mit dem Alter steigt; für das dampfförmig ausgeschiedene Wasser ist nun wohl ein gleiches Verhalten äusserst wahrscheinlich, wofür schon Quetelet's Angaben über das mit dem Alter wechselnde Athemvolumen sprechen, durch Versuche unseres Wissens aber noch nicht dargethan. Die Schwankungen der Werthe für die Kohlensäureausscheidung in den engen Grenzen des Kindesalters, das uns hier interessirt und das oben angegeben, sind nun schon sehr gering und müssen zweifellos für das in Gasform ausgeschiedene Wasser noch geringer angenommen werden. Nach unserer Meinung kann daher auch der Altersunterschied der Kinder, die in den überein-

ander liegenden Räumen der untersuchten Stockwerke sich aufhielten, das Ansteigen des Wassergehaltes nach den oberen Theilen des Schulhauses hin nicht erklären.

Nach Allem sind wir, wenn wir die beobachtete Erscheinung uns deuten wollen, zu der Annahme gezwungen, dass in den untersuchten Räumen eine von unten nach oben stattfindende Luftbewegung existire, welche die Luft-Feuchtigkeit der unteren Stockwerke zum Theile in die oberen führt. [1])

Bei diesem Vorgange kann der Zuwachs an Feuchtigkeit, der in dem oberen Stockwerke auftritt, sich dadurch compliciren, dass die Mauern je nach dem vorausgehenden Zustande Wasser aufnehmen oder abgeben können. Ist jedoch, was fast stets eintreten wird, der Beharrungszustand mit dem Wassergehalte der hier in Betracht zu ziehenden Mauertheile eingetreten, so werden nur die in den Räumen anwesenden Personen allein die Quelle für die Zunahme von Feuchtigkeit bilden. Beobachtungen über den wachsenden Feuchtigkeitsgehalt in übereinanderliegenden Räumen könnten daher zur Berechnung der diese Unterschiede bewirkenden Luftströmung dienen, selbstverständlich unter der Voraussetzung des Beharrungszustandes, d. h. eines Zustandes, in welchem die Mauern Feuchtigkeit weder aufnehmen noch abgeben. Da uns in unserem Falle für eine solche Rechnung ausreichend genaue Zahlenresultate noch nicht zur Verfügung stehen, wollen wir hier nur auf die Möglichkeit einer derartigen Bestimmung aufmerksam machen und bemerken, dass weitere hiezu nothwendige Beobachtungen von uns ausgeführt werden sollen. Zweifellos erscheint uns, dass der oben erwähnte Beharrungszustand im Feuchtigkeitsgehalte sich bei nicht gerade erheblich wechselndem Wassergehalte der Atmosphäre häufig verwirklicht.

Wir werden unten bei der Besprechung der von uns angestellten Kohlensäurebestimmungen ebenfalls zeigen, dass unter Umständen die Zunahme in dem Kohlensäuregehalte der übereinanderliegenden

1) Dass überhaupt eine solche Strömung der Luft in Wohngebäuden von unten nach oben normaler Weise constant vorzukommen scheint, hat der Eine von uns (Forster, Zusammenhang der Luft in Wohnung und Boden. Zeitschr. f. Biologie, Bd. XI, S. 392 u. ff.) bereits gezeigt.

Räume eine Berechnung der vertikalströmenden Luftmenge gestatte. Unzweifelhaft wird bei ausgetrockneten Mauern Kohlensäure in erheblichem Maasse weder aufgenommen noch abgegeben, so dass für diese der Beharrungszustand immer angenommen werden kann. Gleichzeitige Beobachtungen über den Feuchtigkeits- und Kohlensäuregehalt, unter Berücksichtigung sonstiger Bedingungen, werden desshalb einerseits, wenn Beharrungszustand bezüglich der Feuchtigkeit eingetreten, controlirende Resultate geben, andererseits aber, wenn dieser Beharrungszustand nicht vorhanden, gerade aus den verschiedenen Resultaten auf die Aufnahme oder Abgabe von Wasser durch die Mauern etc. schliessen lassen. Auch in dieser Beziehung hoffen wir durch weitere Beobachtungen exakte Resultate zu gewinnen.

Die von uns beobachtete Erscheinung, dass die Feuchtigkeit der unteren Stockwerke die der oberen beeinflusst, nach oben getragen wird, muss natürlich nicht in allen Fällen bemerkbar werden. Sie ist nicht zu erwarten, wenn die Beobachtungen in Räumen gemacht werden, die zwar übereinanderliegen, aber nicht wie in unserem Falle, ein für sich abgeschlossenes Ganze bilden. Wenn beispielsweise über einem Raume des unteren Stockwerkes in dem darüberliegenden zwei Räume sich befinden, so wird je nach der Temperatur derselben oder auch sonstiger Verhältnisse, der Beschaffenheit der Zwischendecke etc., die Hauptströmung einmal in den einen, das anderemal in den anderen Raum gelangen, ja es könnte hiebei nach Umständen eine Strömung nach den seitlich liegenden Zimmern die nach den übereinanderliegenden überwiegen. In solchen Fällen wäre offenbar eine Gesetzmässigkeit nicht zu erwarten.

b) Feuchtigkeitsgehalt von nicht geheizten, ventilirten Räumen.

Wir haben die Bestimmungen der Feuchtigkeit auch ausgeführt, als in den Räumen die Sommerventilation stattfand. Die erhaltenen Resultate sind in der Tabelle X in derselben Weise wie die vorausgehenden zusammengestellt.

Tabelle X.

Feuchtigkeitsgehalt der verschiedenen Zimmer bei Sommerventilation.

Datum	8 Uhr			10 Uhr			2 Uhr			4 Uhr			Mittel	
	s	*a*	*r*	*s*	*a*	*r*	*s*	*a*	*r*	*s*	*a*	*r*	*a*	*r*
Zimmer IV über drei Treppen.														
8. Juli	22.7	21.4	94	23.9	22.5	94	—	—	—	—	—	—	21.9	94
9. „	24.8	23.2	93	25.3	24.7	97	—	—	—	25.4	22.1	86	23.3	92
10. „	25.3	24.9	98	26.0	25.2	97	—	—	—	24.7	15.0	60	21.7	85
11. „	23.8	16.5	70	25.1	16.6	66	—	—	—	—	—	—	16.5	68
13. „	23.6	16.6	70	24.8	17.3	70	25.1	15.8	63	26.1	16.1	62	16.4	66
14. „	23.1	16.5	71	24.4	16.0	66	26.2	14.6	55	24.3	13.9	57	15.5	65
Ges.-Mittel	—	—	83	—	—	82	—	—	63	—	—	66	19.2	78
Zimmer III über zwei Treppen.														
8. Juli	23.1	20.3	88	23.8	21.4	92	—	—	—	—	—	—	20.8	90
9. „	23.1	19.8	86	21.8	19.8	91	—	—	—	24.8	21.1	85	20.2	87
10. „	23.0	19.6	85	25.3	21.0	83	—	—	—	25.1	14.2	56	18.3	75
11. „	23.6	16.6	70	22.1	14.8	67	—	—	—	—	—	—	15.7	68
13. „	22.5	16.0	71	21.9	14.1	65	23.3	14.0	60	24.5	14.1	57	14.6	63
14. „	23.2	16.4	71	23.8	14.8	62	25.8	13.7	52	24.7	12.5	51	13.4	61
Ges.-Mittel	—	—	78	—	—	76	—	—	60	—	—	62	17.2	74
Zimmer II über einer Treppe.														
8. Juli	22.5	15.5	69	22.5	15.5	69	—	—	—	—	—	—	15.5	69
9. „	22.5	15.5	69	24.3	15.7	65	—	—	—	24.2	14.5	60	15.2	65
10. „	22.5	15.8	70	24.8	17.3	70	—	—	—	25.1	14.5	57	15.9	66
11. „	21.9	15.8	72	22.6	15.3	68	—	—	—	—	—	—	15.5	70
13. „	21.3	16.6	78	22.6	15.3	68	23.9	15.1	63	25.1	14.9	59	15.5	67
14. „	21.9	15.0	69	23.6	16.3	69	25.6	14.2	55	24.0	13.3	56	14.9	65
Ges.-Mittel	—	—	71	—	—	68	—	—	63	—	—	58	15.4	67
Zimmer I Parterre.														
8. Juli	20.8	15.3	73	21.3	15.1	71	—	—	—	—	—	—	15.2	73
9. „	21.8	15.5	71	22.9	14.8	65	—	—	—	22.3	13.0	58	14.4	65
10. „	21.9	14.7	67	23.4	13.1	56	—	—	—	20.9	15.4	73	14.4	66
11. „	20.4	15.0	73	21.8	14.7	68	—	—	—	—	—	—	14.8	70
13. „	22.1	16.5	75	21.9	15.6	71	22.8	15.3	67	23.7	15.7	66	15.8	70
14. „	21.4	14.1	66	22.5	15.8	70	24.2	14.0	58	22.7	13.2	58	14.3	60
Ges.-Mittel	—	—	71	—	—	67	—	—	62	—	—	64	14.8	67

Die Mittelwerthe der absoluten und relativen Feuchtigkeit sind:

	a	r
Zimmer IV	19.2	78
„ III	17.2	74
„ II	15.4	67
„ I	14.8	67

Im Allgemeinen sind die Resultate die gleichen wie ohne Ventilation. In beiden Beobachtungsreihen erscheinen die Differenzen im absoluten Wassergehalte ziemlich identisch: es ist nämlich nach dem Obigen:

	Ohne Ventilation		Mit Ventilation	
	a	Differenz	a	Differenz
Zimmer IV	17.2	2.5	19.2	2.0
„ III	14.7	3.1	17.2	1.8
„ II	11.6	1.1	15.4	0.6
„ I	10.5		14.8	

Die Unterschiede sind sicher zum grössten Theil nur dadurch bedingt, dass die Kinder während der zweiten, etwas später erfolgten Beobachtungsreihe an mehreren Nachmittagen sogenannte Hitzferien hatten und sodann dadurch, dass durch Oeffnen der Fenster Unregelmässigkeiten herbeigeführt wurden. Wir können aus den ähnlichen Resultaten mit und ohne Ventilation schliessen, dass die durch die Sommerventilation in den Räumen bewirkte Luftströmung gegenüber dem in einem Gebäude von unten nach oben stattfindenden Luftaustausch nur gering ist. Es bildet diess eine Bestätigung des gleichen, oben aus den Temperaturbeobachtungen gezogenen Schlusses.

c) Feuchtigkeitsgehalt in geheizten Räumen.

Selbstverständlich können die Beobachtungen über den Feuchtigkeitsgehalt der Zimmerluft bei Heizung durch den Kelling'schen Calorifer eine solche Regelmässigkeit, wie wir sie im Sommer ohne

Heizung nachgewiesen haben, nicht zeigen, weil hiebei der Feuchtigkeitsgehalt im Zimmer durch die verschiedene Grösse der Wasserverdampfung in den einzelnen Heizkammern beeinflusst ist. Es ist diess schon aus den Versuchen von v. Bezold und Voit [1]) ersichtlich. Wir geben zum Vergleiche aus deren Abhandlung die Tabelle über den Feuchtigkeitsgehalt für die gleichen Beobachtungsräume:

Beobachtungen vom 18.—21. Februar 1873.

	s	a	r
Zimmer IV	17.3	7.2	41.5
„ III	16.8	11.9	70.5
„ II	14.8	7.5	50.5
„ I	13.4	6.8	50.5

Wir haben nun gelegentlich der später anzuführenden Beobachtungen über Winterventilation ebenfalls Feuchtigkeitsbeobachtungen ausgeführt. In jedem Raume hielten sich hiebei nur je eine Versuchsperson, dagegen keine Kinder auf; auch längere Zeit vorher waren die Zimmer nicht betreten worden, da die Versuche in die Ferien fielen.

Die ersten Beobachtungen wurden vor Beginn der Heizung, die zweiten, nachdem die hierauf vorgenommene Heizung längere Zeit angedauert hatte, vorgenommen.

Tabelle XI.

Beobachtungen am 18. und 19. September 1874.

	Vor der Heizung			Nach der Heizung		
	s	a	r	s	a	r
Zimmer IV	14.9	11.6	78	28.9	13.7	48
„ III	14.3	11.1	77	23.7	13.1	56
„ II	13.3	10.7	80	20.1	13.4	60
„ I	12.7	10.5	82	—	—	—

1) a. a. O. pag. 7.

Es ist vor der Heizung der absolute Feuchtigkeitsgehalt immer noch mit der Höhe der Stockwerke steigend, jedoch nur sehr wenig, was davon herrühren mag, dass die Anzahl der in den Zimmern anwesenden Personen nur gering ist. Der relative Feuchtigkeitsgehalt zeigt dagegen nach oben hin eher eine Abnahme. Diess ist wegen der grossen Temperaturzunahme gegenüber dem nur geringen Feuchtigkeitszuwachse nach oben hin erklärlich.

Nach der Heizung wird dann der absolute Wassergehalt rasch höher; aber die Regelmässigkeit ist nun, wie wir schon oben als wahrscheinlich bezeichneten, gestört.

Dass einer zweckmässigen Einrichtung der Luftheizung nicht mit Recht der oft gehörte Vorwurf der Trockenheit gemacht werden kann, ist bereits in der Arbeit von B. und V. [1]) hervorgehoben. Die hier gegebenen Zahlen zeigen ebenfalls, dass jener Vorwurf nicht gerechtfertigt ist. Es ist diess auch für sich klar; denn wenn die Luftheizung mit einer geeigneten Einrichtung zur Wasserverdampfung verbunden ist, muss es möglich sein, jeden beliebigen Feuchtigkeitsgrad zu erzielen. Welcher Feuchtigkeitsgrad aber für den Menschen am angenehmsten ist, diese Frage wird jetzt ziemlich allgemein dahin beantwortet, dass bei gewöhnlicher Zimmertemperatur ein Feuchtigkeitsgehalt zwischen 50 und 70 % für die Bewohner am zuträglichsten sei [2]). Wir glauben, dass diese Zahlen nicht vollkommen verbürgt werden können und dass es desswegen eigener in dieser Richtung anzustellender Versuche bedürfe; der Ausführung derselben stellen sich zwar sehr grosse Schwierigkeiten entgegen, allein mit der Frage beschäftigt, hoffen wir dieselben überwinden zu können. Nehmen wir vorerst die oben angegebenen Zahlen als maassgebend an, so sehen wir, dass der Feuchtigkeitsgehalt der beobachteten Räume sich zumeist in den hier bestimmten Grenzen bewegt.

Die Beobachtungen über den Feuchtigkeitsgehalt haben somit bisher gezeigt, dass ein Gebäude durch einen Luftstrom von unten

---

1) a. a. O. S. 8.

2) Vergl. beispielweise die Angaben in Roth und Lex, Handbuch der Militärgesundheitspflege, Bd. I, S. 184.

nach oben durchsetzt wird. Ferner konnten wir auf Grund derselben darauf hinweisen, dass die Grösse des Luftwechsels in Schulzimmern auch durch Psychrometerbestimmungen gemessen werden kann, und zwar im sogenannten Beharrungszustande, unter der Voraussetzung nämlich, dass die Mauern weder Wasser aufnehmen noch abgeben. Ist der Beharrungszustand im Feuchtigkeitsgehalte der Mauern noch nicht eingetreten, so ergeben die Psychrometerbeobachtungen in Verbindung mit Kohlensäurebestimmungen die Wasseraufnahme oder Wasserabgabe der Mauern. Aus den Feuchtigkeitsbestimmungen können wir sodann entnehmen, dass eine Ventilation durch Ansaugen eine beträchtliche Luftmischung nicht bewirkt. Endlich schliessen wir uns der Ansicht an, dass bei einer zweckmässig eingerichteten und geleiteten Luftheizung jeder gewünschte Feuchtigkeitsgrad der Heizluft zu erreichen ist.

Ueber das Verhalten der im Säugethierkörper als Vorstufen des Harnstoffs erkannten Verbindungen zum Organismus der Hühner

Von

Dr. W. von Knieriem.

Es ist eine längstbekannte Thatsache, dass bei Vögeln und einigen Reptilien die Harnsäure die Rolle des Harnstoffs im Organismus der Säugethiere vertritt, d. h. dass die Harnsäure im Körper dieser Thiere die Reihe der rückwärts gebildeten stickstoffhaltigen Körper abschliesst.

Es gilt bei diesen Thieren für die Harnsäure dasselbe, was bei den Säugethieren für den Harnstoff; wie bei diesen die Menge des täglich ausgeschiedenen Harnstoffs, so ist bei jenen die Menge der täglich ausgeschiedenen Harnsäure ein Maass für die Grösse des Stoffumsatzes.

Die Menge der anderen stickstoffhaltigen Substanzen (Harnstoff, Kreatin) des Harns tritt bei den Vögeln gegenüber der ausgeschiedenen Harnsäure ungefähr in demselben Verhältniss zurück, wie dieses bei den Säugethieren zwischen Harnstoff einerseits und der Harnsäure und dem Kreatin andererseits der Fall ist. So fand Lehmann[1]), dass vom Menschen unter normalen Verhältnissen auf 1 Theil Harnsäure 28—30 Theile Harnstoff ausgeschieden werden.

Nach meinen Versuchen wird von Hühnern auf ein Theil Harnstoff 20—60 Theile Harnsäure, bei Enten auf ein Theil Harnstoff 30—50 Theile Harnsäure ausgeschieden.

1) Lehmann, Lehrbuch der physiologischen Chemie I, pag. 219.

Da nun bei den Vögeln und den Harnsäure ausscheidenden Reptilien die gebildete Harnsäure ein Maass für die Grösse des Stoffumsatzes abgiebt, so ist auch die Frage, auf welche Weise die Harnsäure aus dem Albumin der Nahrung entsteht, von hoher Bedeutung.

Es war aber ausserdem noch ein anderer Gesichtspunkt, der mich bewog, diese Frage experimentell zu bearbeiten, nämlich der Versuch, die Frage zu beantworten, ob die Harnsäure ihre Bildung einem ähnlichen resp. gleichen Prozess verdankt, wie der Harnstoff. Für diesen sind durch die Untersuchungen von Schultzen und Nencki [1]) und mir [2]) als Vorstufen das Leucin, Glycocoll, Asparaginsäure und Ammoniaksalze erwiesen.

Durchläuft nun das Eiweissmolekül bis zu seiner schliesslichen Ausscheidung als Harnsäure dieselben Vorstufen, oder kommen hier wesentlich andere Körper in Betracht?

Das war die Frage, die experimentell beantwortet werden musste; eine Frage, die um so interessanter erscheint, wenn man erwägt, dass deren Beantwortung uns Aufschluss darüber gewährt, ob im Körper der Säugethiere ganz bestimmte stickstoffhaltige Körper als Harnsäure austreten, oder ob die Harnsäure aus denselben Körpern entsteht wie der Harnstoff und ob in diesem Falle, aus bis jetzt noch unbekannten Gründen, ein Theil derselben nicht so weit oxydirt wird.

Allerdings ist diese letztere Ansicht von den Physiologen allgemein angenommen; diese Ansicht wird auch sowohl durch die Resultate der Versuche von Köhler, Frerichs [3]) und Neubauer [4]), die nach Fütterung von Kaninchen mit Harnsäure den Harnstoffgehalt des Harns vermehrt fanden, als auch durch vielfache klinische Beobachtungen [5]) gestützt.

---

1) Zeitschrift für Biologie, Bd. VIII, pag. 124, 1872.
2) Zeitschrift für Biologie, Bd. X, pag. 263, 1874.
3) Erdmann's Journal für prakt. Chemie, Bd. 44, pag. 64, 1848.
4) Journal für prakt. Chemie, Bd. 70, pag. 47, 1857.
5) Vermehrung der Harnsäure bei acutem Gelenkrheumatismus, Leucämie, wo die Respiration, und in Folge dessen die Oxydation behindert sein soll.

Der stricte Nachweis ist aber noch nicht geführt worden, denn wenn auch in den Organismus eingeführte Harnsäure zu Harnstoff weiter oxydirt wird, so ist damit noch nicht gesagt, dass unter normalen Verhältnissen der ausgeschiedene Harnstoff aus Harnsäure durch Oxydation entstanden sei, da die Harnsäure als Product einer künstlichen Verdauung von Eiweiss nicht gefunden ist. Bei Krankheiten kann ausserdem die Zersetzung des Eiweisses ganz anders verlaufen.

Dafür dagegen, dass man geneigt ist, als Vorstufen der Harnsäure im Säugethier-Organismus andere Stoffe anzusehen, als es die Vorstufen des Harnstoffes sind, spricht die von Huppert[1]) ausgesprochene Meinung: die Asparaginsäure würde, dem Körper einverleibt, als Harnsäure austreten.

Um die mir gestellte Frage zu beantworten, unternahm ich eine Reihe von Versuchen und zwar an Hühnern und Enten, die ich durch eine längere gleichmässige Fütterung auf eine constante Stickstoff-Ausscheidung gebracht hatte.

Nachdem die Harnsäure-Auscheidung constant geworden war, wurden den Thieren Stoffe zugeführt, deren Uebergang in Harnstoff im Säugethier-Organismus erwiesen war.

Wenn diese Stoffe auch hier in Harnstoff übergegangen wären, so musste daraus gefolgert werden, dass dieselben bei Zersetzung der Albuminate im Vogel-Organismus nicht resultiren, dass die Zersetzung hier anders verliefe, als bei den Säugethieren. Verlassen dagegen diese Stoffe den Hühnerorganismus als Harnsäure, so ist mit grosser Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass die Zersetzung der Albuminate hier in derselben Weise verlaufe, dass nur die Oxydation nicht so weit gehe, anderntheils mit ebenso grosser Wahrscheinlichkeit ersichtlich, dass die als Vorstufen der Harnsäure im Säugethier-Organismus anzusehenden Stoffe dieselben seien, wie die Vorstufen des Harnstoffes, und dass der schliessliche Uebergang dieser Körper in Harnstoff oder Harnsäure von bis jetzt unbekannten Gründen abhängig ist.

---

1) Huppert, Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft, VI. Bd., 1873, pag. 1278.

Die Art der Versuchsanstellung war nun folgende: Ausgewachsene Hühner wurden in einen Holzkäfig gethan, den ich mir so zusammengezimmert hatte, dass sowohl der Hals, als auch die hintere Partie des Körpers mit der Kloake aus demselben herausragte. Unter die Kloake wurde nun eine gewogene Porcellanschale gelegt, in welche dann die ziemlich trockenen Excremente ohne jeglichen Verlust hineinfielen. Der Käfig war so eng, dass die Thiere sich in demselben gar nicht bewegen konnten; nach oben zu war er durch einen Deckel geschlossen, der nur geöffnet zu werden brauchte, wenn die Thiere, wie es jeden Morgen zu einer bestimmten Stunde geschah, gewogen wurden.

In diesem Käfig befanden sich die Thiere verhältnissmässig ganz wohl, wenn es auch immer einige Tage dauerte, bis sie sich daran gewöhnten, in dieser Gefangenschaft die vorgesetzte Nahrung aufzunehmen.

Ich habe auf diese Weise ein Huhn 8 Wochen gehalten; dasselbe blieb vollkommen gesund, und es dauerte nur ein paar Tage, bis es, aus seiner Gefangenschaft befreit, wieder vollständig sicher zu gehen vermochte.[1]) Nach einer Gefangenschaft von circa 8 Tagen wurden meist keine Steine, die die Ausführung einer Analyse natürlich sehr erschwert hätten, mehr ausgeschieden.

Eine Schwierigkeit bei der Benutzung dieser Thiere als Versuchsobjecte war die, dass der Harn und Koth aus der Kloake ausgeschieden, nicht getrennt der Analyse unterworfen werden konnten, da die Anlegung einer Fistel für den Harn eine zu weit eingreifende Operation gewesen wäre.

Eine Folge davon war, dass die Harnsäure-Bestimmung nicht so genau ausfallen konnte, als es ohne die Anwesenheit von unverdautem Proteïn und Extractstoffen des Kothes hätte geschehen können.

1) Die Verdauung bei den Thieren ging immer gleichmässig gut von Statten, obgleich dieselben keine Steinchen erhielten. Es scheint also, dass die Steine, wie man häufig anzunehmen geneigt ist, zur Verdauung nicht unumgänglich nöthig sind. Man nimmt nämlich an, dass die Körner im Magen zwischen den Steinen, wie in einer Mühle zermahlen werden, und bei härterem Futter hätte diese Ansicht auch Einiges für sich.

Diesem Fehler konnte auf der anderen Seite wieder theilweise dadurch begegnet werden, dass bei gleichem Futter die Harnsäurebestimmung immer nach derselhen Methode gemacht wurde, die Analyse daher unter sich sehr gut vergleichbare Zahlen gab, wie wir uns aus den Tabellen überzeugen können.

Meine Hühner wurden alle mit Graupen aus Gerste ernährt, die vordem für alle Versuchsreihen besorgt waren und aus derselben Quelle stammten. [1])

Ich wählte als Nahrung gerade Graupen, weil es mir darauf ankommen musste, dieselbe nicht stickstoffreich zu wählen und anderntheils nicht zu viel schwerverdauliche Stoffe einzuführen, da hierdurch die Harnsäurebestimmung unsicher geworden wäre. Bei Fleischnahrung werden z. B, immer viel mehr unverdaute Proteïnkörper ausgeschieden, bei Nahrung mit stickstoff-ärmeren Nahrungsmitteln, z. B. Kartoffeln, wird die Stärke nicht vollständig verdaut, was beides den Fehler bei der Harnsäurebestimmung erhöht.

Ausserdem begünstigt die physikalische Beschaffenheit der Excremente nach Gersten-Nahrung die sorgfältige Aufsammlung derselben.

Mit Graupen ernährte Hühner entleeren ziemlich trockene wurstförmige Excremente, welche an einem Ende mit dem weissen oder seltener schwachgelblich gefärbten Ueberzuge des Nierensecretes bedeckt sind. Diese weissen Massen bestehen, wie man sich durch eine mikroskopische Untersuchung leicht überzeugen kann, aus lauter kleineren und grösseren Kügelchen, die in eine durchsichtige, zähe, eiweissartige Masse eingebettet sind. Diese schleimige Masse

1) Die Graupen enthielten in 100 Theilen:

Wasser	12.762
Proteïn	9.767
Holzfaser	2.391
Stärke	67.440
Fett	2.768
Asche	1.795
Extractstoffe und Verlust	3.077
	100.000

ist es, wie es auch Meissner[1]) angiebt, die das Zusammenhalten der Harnmassen zu Fetzen bedingt.

Vordem ich zu den Versuchsreihen selbst übergehe, will ich noch Einiges über die von mir benutzte Methode der Analyse mittheilen, die ich nach einer längeren Reihe von Vorversuchen für die geeignetste halte.

Die 24stündige Kothmenge wurde durch Wägen der Porcellanschale bestimmt und dann mit möglichst wenig Wasser in eine gleichfalls gewogene kleine Platinschale gespült und auf dem Wasserbade bis zu einem Wassergehalt von circa 50—60% getrocknet.

Nach dem Abkühlen wurde die Platinschale darauf gewogen, der Koth dann rasch in einem Achatmörser gehörig gemischt, was bei diesem Wassergehalt sich sehr gut ausführen lässt. [2]) Darauf wurden in kleinen bedeckten Porcellantiegeln verschiedene Portionen zu den einzelnen Bestimmungen abgewogen. [3])

Die Stickstoffbestimmung geschah durch Verbrennen der getrockneten Substanz mit Natronkalk und Titriren der vorgelegten Normalschwefelsäure. Die zur Harnsäurebestimmung abgewogene Substanz wurde in einem Becherglase einige Zeit in der Wärme mit Alcohol-Aether behandelt, um Harnstoff, Gallensäure, Farbstoffe und Fett aufzulösen, filtrirt und mit Alcohol gewaschen, bis derselbe farblos ablief. In dem alcoholischen Extracte wurde dann entweder Stickstoff oder Harnstoff bestimmt. Der Rückstand wurde dann mit 1.8% Natronlauge gekocht, bis die Harnsäure aufgelöst war, und das Gelöste wurde noch warm von dem Rückstande durch ein Leinwandfilter, mit Hülfe von Druck-Differenz getrennt.

---

1) Meissner, Zeitschrift für rationelle Medicin. III. Reihe, Bd. XXXI pag. 161, 1868.

2) Versuche, den Koth im trockenen Zustande, wie bei einem Wassergehalt von 70—80% gehörig zu mischen, waren erfolglos und aus diesem Grunde wurde die ganze Kothmenge bis zu einem Wassergehalt von 50% eingetrocknet. Schon C. Voit hat bei seinen Versuchen mit der Taube (Zeitschrift für Biologie. Bd. II, pag. 68, 1866) besonders aufmerksam gemacht auf die Schwierigkeit, den Koth im trockenen Zustande gleichmässig zu mischen.

3) Allerdings ist hier eine Fehlerquelle, die durch die Wasserverdunstung während des Mischens und Wägens entsteht, nicht zu vermeiden, aber dieser Fehler macht sich immer in demselben Sinne geltend.

Das Filtrat wurde nach dem Abkühlen auf ein bestimmtes Volumen gebracht, nochmals durch Papier wieder mit Hülfe von Druck-Differenz filtrirt und von dieser filtrirten Lösung ein gemessenes Volumen zur Harnsäurebestimmung genommen. [1])

Die Harnsäure wurde durch Salzsäure gefällt und nach 48-stündigem Stehen in der Kälte wurden die ausgeschiedenen Krystalle auf einem gewogenen Filter gesammelt. Mit möglichst wenig Wasser gewaschen und wenn das Waschwasser 35 Cc. überstieg, wurde die von Zabelin und Voit empfohlene Correction angebracht, doch war dieses nur in einigen Fällen nöthig. [2])

Die Ammoniakbestimmungen wurden folgendermassen ausgeführt: Die abgewogene Substanz wurde in einen Glasballon gespült, mit 10 Cc. Normalschwefelsäure und Wasser übergossen und bis zum Aufkochen erhitzt. Darauf unter Anwendung von Druck-Differenz durch Leinwand filtrirt und nach dem Abkühlen auf ein bestimmtes Volumen gebracht. Das Filtrat wurde nun durch Papier filtrirt und davon ein Theil, aber nie mehr als 20 Cc. zur Ammoniakbestimmung, die nach Schlösing-Neubauer gemacht wurde, genommen. Nach Verlauf von 4 Tagen wurde die Schwefelsäure dann wieder titrirt. [3])

---

1) Das zweimalige Filtriren durch Leinwand und Papier war deshalb nöthig, um das Auswaschen des Rückstandes auf einem Papierfilter, was eine kaum mögliche Procedur gewesen wäre, zu ersparen.

2) Vordem ich mich zu dieser Methode der Harnsäurebestimmung entschloss, machte ich einen Vorversuch, der mich diese Methode als genau genug erkennen liess. Es wurden zu diesem Zweck erstens 0.544 Grm. reine Harnsäure in Natronlauge gelöst und mit Salzsäure gefällt; ich erhielt durch Wiegen des Niederschlages 0.534 Grm. = 98.2 %. In einem anderen Versuche wurden 0.5005 Grm. Harnsäure mit 1 Grm. feingestossenen Graupen gemischt, mit verdünnter Schwefelsäure das Ganze gekocht, bis die Stärke in Zucker übergeführt war, fast zur Trockne verdampft, mit Natron aufgenommen und in einem abgemessenen Theile des Filtrates die Harnsäure durch Salzsäure gefällt; ich fand dieses Mal 0.499 Grm. Harnsäure = 99.7 %. Wie schon a priori anzunehmen war, fand ich hier mehr als das erste Mal, da die Harnsäure durch fremde Stoffe verunreinigt war. Jedenfalls zeigte der Versuch, dass der Fehler, welcher durch die Löslichkeit der Harnsäure entsteht, theilweise durch die Verunreinigungen, die die Salzsäure mitfällt, paralysirt wird.

3) Um die Bestimmungen noch genauer zu machen, benutzte ich hierzu $^1/_{10}$ Normal SO_3 und $^1/_{20}$ Normal NaO, so dass ich noch eine Menge von 0.000085 NH_3 bestimmen konnte, da die Bürette $^1/_{10}$ Cc genau abzulesen ge-

Wo der Harnstoff bestimmt wurde, geschah es in der alcoholischen Lösung der zur Harnsäurebestimmung abgewogenen Portion. Diese alcoholische Lösung wurde abgedampft, wieder mit Alcohol aufgenommen, filtrirt, abgedampft, in Wasser gelöst; die wässerige Lösung wurde mit basisch-essigsaurem Bleioxyd gefällt, das Filtrat durch Schwefelwasserstoff entbleit und filtrirt und daraus der Harnstoff mit salpetersaurem Quecksilberoxyd gefällt. Der Quecksilber-Niederschlag wurde in Wasser aufgeschlemmt, mit Schwefelwasserstoff behandelt. In dem jetzt resultirenden Filtrate wurde der Harnstoff nach der Bunsen'schen Methode unter Anwendung der von Bunge[1]) empfohlenen Vereinfachung bestimmt.

Versuch mit Asparagin.

Den ersten Versuch machte ich mit Asparagin, dessen Uebergang in Harnstoff im Säugethier-Organismus durch eine frühere Arbeit von mir[2]) constatirt ist.

---

stattete. ($^1/_{10}$ Cc von $^1/_{10}$ Normal NaO = 0.000085 NH_3.) Auch hier hatte ich mich durch mehrere Vorversuche von der Brauchbarkeit dieser Methode überzeugt. Einen derselben führe ich an: Es wurden von gleichmässig durchmischtem Hühnerkoth zwei Portionen abgewogen, Port. I = 5.356, Port. II = 6.235 Grm. Zu Portion II wurde 0.1626 Grm. Salmiak hinzugefügt. Beide Portionen wurden mit je 5 Cc Normal SO_3 und 70 Cc Wasser erhitzt und filtrirt. Das Filtrat betrug bei beiden Portionen 100 Cc, hiervon wurden je 20 Cc mit Kalkmilch unter eine Glasglocke gestellt.

Portion I:

5. December 10 Cc $^1/_{10}$ Nor. SO_3 = 20 Cc NaO
9. „ 10 „ „ „ „ = 16.5 „ „
3.5 = 0.002975 NH_3
20 Cc : 0.002975 = 100 : 0.014875 NH_3
5.356 : 0.014375 = 6.235 : 0.017316 NH_3

Portion II:

5. December 10 Cc $^1/_{10}$ Nor. SO_3 = 20 Cc NaO
9. „ 10 „ „ „ „ = 3.8 „ „
16.2 = 0 01377 NH_3
100 Cc Kothlösung = 0 06885 NH_3
6.235 Grm. Koth = 0.017316 „
0.051534 NH_3 = 0.16219 Salmiak.

Es war also alles Ammoniak wieder gefunden.

1) Fresenius, Zeitschrift für analytische Chemie, XIII. Jahrg. Heft 2.
2) Zeitschrift für Biologie, Bd. X, pag. 285, 1874.

Ein 1400 Grm. wiegendes Huhn wurde am 3. December in den Käfig gesperrt. Nachdem es einen Tag gehungert hatte, bekam es vom 4. December an täglich 20 Grm. Graupen, die den Abend vorher mit 20 Cc. Brunnenwasser übergossen wurden. Jeden Morgen 8½ Uhr wurde das Thier auf einer Wage, die ½ Grm. mit ziemlicher Genauigkeit angab, gewogen, darauf bekam das Thier erst seine Nahrung. Vom 8. Dezember an wurde die Stickstoff- und vom 9. die Harnsäure-Ausscheidung ziemlich constant, so dass am 12. das Asparagin dem Thiere gegeben werden konnte. Da das Asparagin sich als ein vollständig unschädlicher Körper herausgestellt hatte, so konnte ich eine grössere Menge dem Thiere zumuthen. Es bekam am 12. Dezember 4.61, am 13. Dez. 4.8 Grm., ohne dass es etwas von seiner Munterkeit und Fresslust einbüsste. Anfangs pickte das Thier die glänzenden Krystalle aus der Schale selbst auf, später mussten dieselben doch mit Gewalt dem Thiere in den Schnabel geschoben werden.

(Siehe die Tabelle I. auf Seite 45.)

Ein Blick auf die Tabelle zeigt, dass das Resultat des Versuches ein vollkommen entscheidendes ist; während an den drei ersten Normaltagen (9.—11. December) die durchschnittliche Harnsäure-Ausscheidung 0.7601 Grm. ist, dieselbe an den letzten drei Versuchstagen (15.—17. Dezbr.) 0.7665 Grm., im Mittel aller Normaltage 0.7633 Grm. beträgt, steigt dieselbe an den Asparagintagen auf 2.5811, 3.2733 und 1.4604 Grm., da der 14. December offenbar noch unter dem Einfluss der Asparagin-Eingabe steht. Es sind also an diesen drei Tagen 5.0248 Grm. Harnsäure mehr ausgeschieden, als drei Normaltagen entspricht. Diese 5.0248 Harnsäure enthalten 1.6749 Grm. Stickstoff. In den 9.41 Grm. Asparagin sind dem Thiere 1.7565 Grm. N eingegeben; hiervon sind 1.6749 als Harnsäure ausgetreten; 0.0816 Grm. N haben theils, wie es scheint, die kleine Ammoniak-Vermehrung (von 0.0364 Grm. Ammoniak = 0.03 N) verursacht, der Rest von 0.0516 hat sich der Bestimmung entzogen.

Auch der Harnstoffgehalt blieb, wie die Tabelle zeigt, ziemlich constant, (schwankend zwischen 0.0398 bis 0.0434).

Tabelle I.

Datum	Exkremente	Wassergehalt in Procenten	Harnsäure in 24 Stdn.	N aus Harnsäure berechnet	N direct gefunden	Differenz	NH_3	Harnstoff	N der Einnahme	Differenz zwischen Einnahme u. Ausgabe	Asparagin	N in Asparagin	Futter	Körpergewicht
3. December	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Hunger	
4. „	—	—	—	—	—	—	—	—	0.3125	—	—	—	20 Grm. Graupen 20 HO	1413 Grm.
5. „	28.5	—	0.8911	0.2970	—	—	—	—	0.3125	—	—	—	do.	1396 „
6. „	36.5	—	1.0607	0.3536	—	—	—	—	0.3125	—	—	—	do.	1375 „
7. „	24.6	63.58	—	—	—	—	—	—	0.3125	—	—	—	do.	1349.5 „
8. „	27.6	—	0.844	0.2813	0.3304	0.0491	—	—	0.3125	— 0.0179	—	—	do.	1333.5 „
9. „	21.7	—	0.7645	0.2548	0.3325	0.0777	—	—	0.3125	— 0.02	—	—	do.	1321 „
10. „	22.3	—	0.7696	0.2565	0.3375	0.081	—	—	0.3125	— 0.025	—	—	do.	1310 „
11. „	21	—	0.7463	0.2488	0.3263	0.0775	0.0534	0.040	0.3125	— 0.0138	—	—	do.	1299 „
12. „	19.3	—	2.581	0.8603	0.9584	0.0981	0.06992	0.0423	0.3125 0.8605 1.1730	+ 0.2146	4.61 Grm. v. 11 bis 4 Uhr	0.8605	do.	1288 „
13. „	20.2	—	3.2733	1.0911	1.1802	0.0891	0.0708	0.0434	0.3125 0.896 1.2085	+ 0.0283	4.8 Grm. v. 11 bis 2 Uhr	0.896	do.	1288 „
14. „	25.3	—	1.4604	0.4868	0.5666	0.0798	0.0575	0.0411	0.3125	— 0.2541	—	—	do.	1285 „
15. „	24	—	0.7747	0.2582	0.3255	0.0673	0.0484	0.0398	0.3125	— 0.018	—	—	do.	1275 „
16. „	25.2	—	0.7550	0.2517	0.3311	0.0794	0.0502	—	0.3125	— 0.0186	—	—	do.	1265 „
17. „	23.4	—	0.7699	0.2566	0.3357	0.0791	0.0503	—	0.3125	— 0.0282	—	—	do.	1255 „

Wie sich nach diesen Resultaten erwarten lässt, konnte Asparagin in den Excrementen nicht nachgewiesen werden, während wenn nur ein kleines Körnchen Asparagin den Excrementen zugesetzt wurde, dasselbe durch Kupferoxydhydrat gleich nachgewiesen werden konnte. Auch die Differenzen zwischen den täglichen N-Einnahmen und N-Ausgaben bleiben sich an den Normaltagen ziemlich constant, im Durchschnitt täglich 0.0181 Grm. N.

Schon der Koth an den beiden Asparagintagen liess mich auf die Umwandlung des Asparagins in Harnsäure schliessen. Der Koth war nämlich ganz weiss und krystallinisch, es wurde die Harnsäure also im krystallinischen Zustande ausgeschieden, was seinen Grund offenbar in dem Umstande hat, dass das schleimige Bindemittel nicht ausreichte, um die grosse Menge an Harnsäure am Krystallisiren zu verhindern.[1])

Um mich schliesslich noch davon zu überzeugen, dass ich es wirklich mit einer Vermehrung von Harnsäure allein zu thun hatte, machte ich in der am 13. Dezbr. als Harnsäure gewogenen Substanz eine N-Bestimmung; 0.2538 Grm. gaben 0.0833 N. = 32.82% N, während reine Harnsäure 33.3% N enthält. Das Asparagin geht also im Hühner-Organismus in Harnsäure über.

Versuch mit Asparaginsäure.

Ebenso entscheidend wie bei dem Asparagin war der Versuch mit Asparaginsäure. Diese interessante Säure ist von Salkowski und Radziejewski[2]) und von mir[3]) als Produkt der künstlichen Verdauung von Blutfibrin und Kleber durch die Pankreasdrüse erwiesen. Vordem schon hatte ich[4]) den Uebergang der Asparaginsäure in Harnstoff im Säugethier-Organismus constatirt, so dass angesichts dieser beiden Resultate die Asparaginsäure als Vorstufe des Harnstoffs angesehen werden muss.

Zu diesem Versuche dienten, wie auch zu den folgenden dieselben Graupen; nur wurden in diesem Falle 25 Grm. Graupen und

---

1) Auf diesen Punkt werde ich später noch einmal zurückkommen.
2) Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft, Jahrg. VII, p. 299, 1874.
3) Zeitschrift für Biologie, Bd. XI, pag. 198, 1875.
4) Zeitschrift für Biologie, Bd. X, pag. 263, 1874.

30 Cc. Wasser täglich verabreicht, wobei das an sich schon leichtere Huhn in seinem Körpergewicht ziemlich constant blieb. Nachdem nach 5tägiger Fütterung im Käfig die Stickstoff-Ausscheidung vom 14. Juli an ziemlich constant geworden war, bekam das Huhn am 18. Juli 2 Grm. Asparaginsäure, die mit den Graupen Abends vorher vermischt willig verzehrt wurden, ohne dem Thiere irgendwie zu schaden.

(Siehe die Tabelle II auf Seite 48.)

Die gefundenen Zahlen lassen über den Verbleib der Asparaginsäure keinen Zweifel.

An den der Asparaginsäure-Fütterung vorhergehenden Normaltagen (14.—17. Juli) wurden im Mittel 0.9673 Harnsäure, entsprechend 0.3228 N, ausgeschieden. Die direkt gefundene Stickstoffmenge betrug im Mittel derselben Tage 0.4042 Grm. Die für die einzelnen Tage gefundenen Zahlen weichen nicht erheblich von diesen Mittelzahlen ab. An den der Asparaginsäure-Fütterung folgenden Normal-Tagen (19.—21. Juli) wurden im Mittel 1.0210 Harnsäure, entsprechend 0.34 Stickstoff, ausgeschieden. Die direkt gefundene Stickstoffmenge betrug im Mittel derselben Tage 0.4008 Grm. und auch hier liegen keine erheblichen Schwankungen vor, wie ein Blick auf die Tabelle lehrt.

Das Mittel aller Normaltage beträgt für die Harnsäure 0.99 Grm. = 0.33 Stickstoff täglich, dasselbe Mittel für den direkt gefundenen N ist 0.4027, woraus zugleich ersichtlich ist, dass die Differenz zwischen der direkt gefundenen und der aus der gefundenen Harnsäure berechneten Nmenge auch ziemlich constant ist für die vorhergehenden Normaltage (0.0818) und um ein Geringes grösser als für die folgenden Normaltage (0.0598.) Im Mittel finden sich 0.0723 Grm. N.

An den Asparaginsäuretagen wurden 1.5596 Grm. Harnsäure = 0.5199 N ausgeschieden. Die Differenz zwischen der direkt gefundenen und der durch die Harnsäure berechneten Stickstoffmenge (0.089 Grm.) ist nur um ein weniges grösser als das Mittel der so berechneten Differenz für alle Normaltage.

Es wurden an dem Asparaginsäuretage also 0.5696 Harnsäure = 0.1899 N mehr ausgeschieden, als im Mittel aller Normaltage. Mit der Asparaginsäure waren 0.2105 N aufgenommen; von dieser N-menge wurden 0.2962 N (Differenz zwischen der an diesem Tage

Tabelle II.

Datum	Exkremente	Trocken-substanz	Wasser in Procenten	Harnsäure	N aus Harnsäure berechnet	N direct gefunden	Differenz	NH₃	N in Alcohol löslich	N der Einnahme	Differenz zwischen Einnahme und Ausgabe	Asparagin-säure	N in Asparagin-säure	Futter	Körper-gewicht
12. Juli	20 Gr.	—	—	—	—	—	—	—	—	0.3903	—	—	—	25 Grm. Graupen 30 Cc. HO	1098 Grm.
13. „	19 „	—	—	—	—	—	—	—	—	0.3903	—	—	—	do.	1098 „
14. „	17 „	3.8351	77.45	0.9996	0.3332	0.4196	0.0864	0.0704	—	0.3903	— 0.0293	—	—	do.	1095 „
15. „	19 „	3.59	81.1	0.9062	0.3021	0.3983	0.0961	0.0705	0.0206	0.3903	— 0.008	—	—	do.	1100 „
16. „	20 „	4.0668	79.67	0.9439	0.3146	0.4011	0.0865	0.0684	—	0.3903	— 0.0108	—	—	do.	1100 „
17. „	22 „	3.757	82.92	1.0195	0.3398	0.3979	0.0581	0.0692	0.0227	0.3903	— 0.0076	—	—	do.	1100 „
18. „	24 „	5.1302	78.63	1.5596	0.5199	0.6089	0.0890	0.0712	0.0236	0.3903 0.2105 0.6008	— 0.0081	2.0 Grm.	0.2105	do.	1096 „
19. „	21 „	3.7738	82.08	1.0256	0.3418	0.3962	0.0544	0.0682	0.0226	0.3903	— 0.0059	—	—	do.	1092 „
20. „	20 „	3.625	81.88	0.9768	0.3289	0.4069	0.078	0.0728	0.0222	0.3903	— 0.0166	—	—	do.	1092 „
21. „	22 „	3.9878	81.87	1.0584	0.3528	0.3997	0.0469	0.0631	—	0.3903	— 0.0094	—	—	do.	1090 „
22. „	20.5 „	—	—	—	—	—	—	—	—	0.3903		—	—	do.	1090 „
23. „	19 „	M. d. 4 vorherg. Normal-tage 3.8122	M. der 4 vorherg. Normal-tage 80.285	M. der 4 vorherg. Normal-tage 0.9673	0.3228	0.4042	0.0818	0.0696	—	0.3903	0.0088 0.0187	—	—	do.	1088 „
		Mittel d. 3 folgen. Normal-tage 3.7955	Mittel d. 3 folgen. Normal-tage 81.92	Mittel d. 3 folgen. Normal-tage 1.02202	0.340	0.4008	0.0598	0.068	—	0.3903	0.0106	—	—	do.	1088 „
		M. aller Normal-tage 3.8051	M. aller Normal-tage 80.99	M. aller Normal-tage 0.99	0.33	0.4027	0.0723	0.0689	M. aller 5 Tage 0.0223	0.3903	0.0097	—	—	do.	1086 „

ausgeschiedenen N-menge und dem Mittel aller Normaltage) wieder gefunden; 0.0043 N waren verloren gegangen. Von den 0.2062 N waren 0.1899 in Form von Harnsäure ausgetreten. 0.0163 Grm. Stickstoff hatten also in anderer Form den Organismus verlassen. Dafür spricht auch der Umstand, dass die Differenz, welche an dem Asparaginsäuretage zwischen der direkt gefundenen und der aus der Harnsäure berechneten Stickstoffmenge gefunden wurde, fast um denselben Werth grösser ist, als die ebenso ermittelte Differenz für sämmtliche Normaltage. (0.089 — 0.0723 = 0.0167.)

Entsprechend diesem Resultate blieb auch die Ammoniak-Ausscheidung constant. Während im Mittel aller Normaltage täglich 0.0689 NH_3 ausgeschieden wurden, betrug die Ammoniakmenge am Asparaginsäuretage 0.0712 Grm.

Dasselbe lässt sich für die in Alcohol löslichen N-Verbindungen sagen, die wohl hauptsächlich aus Harnsäure, Gallensäure und Gallenfarbstoff bestehen; auch diese Körper zeigten keine Vermehrung nach der Asparaginsäure-Eingabe.

Angesichts dieser Resultate lässt sich mit voller Berechtigung sagen, dass die Asparaginsäure, eine Vorstufe des Harnstoffs im Säugethier-Organismus, dem Vogel-Organismus einverleibt, denselben als Harnsäure verlässt und höchst wahrscheinlich wohl auch eine Vorstufe der Harnsäure ist.

Versuch mit Glycocoll.

Für das Glycocoll hatten Schultzen und Nencki in ihrer schon erwähnten Arbeit den Uebergang in Harnstoff in dem Säugethier-Organismus erwiesen. Es war daher interessant zu untersuchen, wie sich dieser Körper im Vogel-Organismus verhält.

Den dahin gehörigen Versuch, den ich mehrmal mit demselben Resultate angestellt habe, führte ich in ganz derselben Weise wie die früheren aus.

Ein ziemlich grosser Hahn von circa 1700 Grm. Körpergewicht wurde zu diesem Versuche in den Käfig gesperrt.

Tabelle III.

Datum	Exkremente	Trocken-substanz	Wasser in Procenten	Harnsäure	N aus Harnsäure berechnet	N direct gefunden	Differenz	NH_3	N in Alkohol-lösung	N der Einnahme	Differenz zwischen Ein- und Ausgabe	Glycocoll	N in Glycocoll	Futter	Körper-gewicht
19. Juni	30 Gr.	—	—	—	—	—	—	—	—	0.5469	—	—	—	35 Grm. Graupen 45 Cc. HO	1709 Grm.
20. „	31 „	5.392	82.6	1.4124	0.4708	0.5709	0.1001	0.0878	—	0.5469	— 0.0240	—	—	do.	1688 „
21. „	29 „	5.3541	81.54	1.3833	0.4611	0.5559	0.0948	0.0959	—	0.5469	— 0.009	—	—	do.	1676 „
22. „	32 „	5.347	83.29	1.3762	0.4587	0.5616	0.1029	0.0809	0.0352	0.5469	— 0.0147	—	—	do.	1666 „
23. „	31.5 „	5.494	82.37	1.3972	0.4657	0.5607	0.095	0.0848	—	0.5469	— 0.0138	—	—	do.	1660 „
24. „	32.5 „	6.332	80.5	2.0012	0.6671	0.7631	0.0960	0.1033	—	0.5469 + 0.307 = 0.8539	+ 0.0908	1.645 Gr.	0.307	do.	1655 „
25. „	33.0 „	5.60	83.0	1.6186	0.5395	0.6345	0.095	0.083	0.0391	0.5469	— 0.0876	—	—	do.	1650 „
26. „	30 „	6.6972	77.68	2.2698	0.7566	0.8558	0.0992	0.0995	0.0523	0.5469 + 0.3985 = 0.9454	+ 0.0896	2.135 Gr.	0.3985	do.	1645 „
27. „	32 „	5.8002	81.88	1.6745	0.5582	0.6595	0.1013	0.0879	—	0.5469	— 0.1126	—	—	do.	1639 „
28. „	31.4 „	5.268	83.23	1.3651	0.4550	0.5556	0.1006	0.0799	—	0.5469	— 0.0087	—	—	do.	1634 „
29. „	32 „	5.58	82.57	1.4113	0.4704	0.5731	0.1027	0.0883	0.0364	0.5469	— 0.0262	—	—	do.	1630 „
30. „	30.6 „	5.3586	82.49	1.3932	0.4644	0.5639	0.0995	0.0950	—	0.5469	0.017	—	—	do.	1630 „
				Mittel d. 7 Normaltage 1.3912	Mittel d. 7 Normaltage 0.4639	Mittel d. 7 Normaltage 0.5631	0.0992	—	—	—	—	—	—	do.	1625 „

Nachdem nach einer achttägigen Fütterung mit 35 Grm. Graupen und 45 Cc. Wasser die Harnsäure- und Stickstoffausscheidung constant geworden war und auch die Differenz zwischen der direkt gefundenen und der aus der Harnsäure berechneten N-Menge sich gleich blieb, wurden am 24. Juni 1.645 Grm. und am 26. Juni 2.135 Grm. Glycocoll, in etwas Natron gelöst, dem Thiere mit den Graupen verabreicht. Beide Male wurde der dem Glycocoll entsprechende Stickstoff erst im Laufe von 48 Stunden ausgeschieden, was wohl daran lag, dass das Thier die ganze Portion der Substanz nicht auf einmal, sondern innerhalb 3 Stunden bekam. Der 28. Juni war wieder als vollständiger Normaltag anzusehen, denn die Harnsäure und N-Ausscheidung war wieder die normale.

Im Mittel der 7 Normaltage wurden 1.3912 Harnsäure (0.4637 N) und 0.5631 Stickstoff täglich ausgeschieden. Die Differenz zwischen der direct gefundenen und aus der Harnsäure berechneten N-Menge betrug im Mittel 0.0994, an den einzelnen Tagen sind keine erheblichen Abweichungen vom Mittel zu bemerken.

An den 4 unter dem Einfluss der Glycocoll-Fütterung stehenden Tagen stieg dagegen die Menge der secernirten Harnsäure auf 7.5641 Grm. Es waren also 1.9993 Harnsäure mehr als 4 Normaltagen entspricht ausgeschieden.

Mit den 3.78 Grm. Glycocoll waren 0.7055 N dem Thiere gegeben; an den vier Tagen (24.—27. Juni) waren 0.6605 N mehr ausgeschieden. 0.045 N hatten sich also der Bestimmung entzogen. Die 0.6605 N hatten eine Harnsäurevermehrung von 1.9993 Grm. verursacht, was mit der aus dem N berechneten Harnsäuremenge gut übereinstimmt; es war eine Spur Harnsäure zu viel gefunden, diese Menge reicht aber schon in die Grenzen der Versuchsfehler.

Die Ammoniakmenge und die Menge der in Alcohol löslichen N-Verbindungen war auch während des ganzen Versuchs ziemlich constant, am 26. Juni waren die Excremente nur stärker grünlich gefärbt als sonst, es scheint damit die etwas grössere N-Menge des Alcoholextractes zusammenzuhängen.

Glycocoll war in den Excrementen durch Kupferoxydhydrat nicht nachweisbar. Das Glycocoll verlässt also ebenso wie die vorher besprochenen Körper den Vogel-Organismus als Harnsäure

und ist als eine Vorstufe der Harnsäure anzusehen, welche Ansicht noch eine Stütze gewinnt durch den Umstand, dass Nencki [1]) neuerdings Glycocoll bei der künstlichen Verdauung von Leim durch die Pankreasdrüse gefunden hat.

Versuch mit Leucin.

Ein weiterer Körper, den ich auf sein Verhalten im Hühner-Organismus prüfte, war das Leucin [2]), welches bekanntlich auch als Vorstufe des Harnstoffs im Säugethier-Organismus erwiesen ist. Die Versuchsanstellung war auch hier dieselbe und führte, wie die Tabelle IV zeigt, zu gleichem Resultate.

(Siehe die Tabelle IV auf Seite 53.)

Nachdem vom 19. Januar die Harnsäure- und Stickstoffausscheidung nahezu constant geworden war, wurden am 24. Januar 2.3 Grm. Leucin dem Thiere verabreicht.

Im Mittel der 8 Normaltage schied das Thier 1.001 Grm. Harnsäure (= 0.3336 N) und 0.4863 N im Ganzen täglich aus. An dem Leucintage stieg die Menge der Harnsäure auf 1.6282 Grm. (also 0.6272 Grm. Harnsäure = 0.2091 N mehr.)

Die Stickstoffausscheidung an diesem Tage betrug 0.7188 Grm. In den 2.3 Grm. Leucin waren 0.2458 Grm. N enthalten, hiervon wurden wiedergefunden 0.2325 Grm.; 0.0136 Grm. hatten sich der Bestimmung entzogen. Von diesen 0.2325 Grm. N waren 0.2091 als

1) Berichte der d. chem. Gesellschaft, Bd. VII, pag. 1593, 1874.

2) Das Leucin hatte ich mir durch Verdauen von Kleber durch die Pankreasdrüse (conf. Zeitschrift für Biologie Bd. XI., pag. 200, 1875) dargestellt. Durch eine Elementaranalyse überzeugte ich mich von der Reinheit der allerdings blendend weissen Krystallblättchen.

0.232 Grm. Leucin (bei 110° C getrocknet) gaben 0.4665 CO_2 = 0.1272 C und 0.2095 HO = 0.02328 H.

0.3252 Grm. Leucin gaben 0.238 Pt = 0.03364 N

Gefunden:	Die Formel $C_{12}H_{13}NO_4$ verlangt:
C 54.83	C 54.96
H 10.03	H 9.92
N 10.34	N 10.69
O 24.80	O 24.43
100.00	100.00

Tabelle IV.

Datum	Excremente	Trockensubstanz	Wasser in Procenten	Harnsäure	N aus Harnsäure	N direct gefunden	Differenz	NH_3	N der Einnahme	Leucin	N in Leucin	Futter	Körpergewicht
15. Januar	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30 Grm. Graupen 40 Cc. HO	1268 Grm.
16. "	45 Grm.	6.398	86.01	—	—	0.6706	—	—	0.4687	—	—	do.	1237 "
17. "	47 "	—	—	—	—	—	—	—	0.4687	—	—	do.	1233 "
18. "	46 "	—	—	—	—	—	—	—	0.4687	—	—	do.	1229 "
19. "	42 "	5.7	86.43	0.9901	0.330	0.4817	0.1517	0.0917	0.4687	—	—	do.	1225 "
20. "	40 "	—	—	1.0595	0.3532	0.4803	0.1271	0.0931	0.4687	—	—	do.	1220 "
21. "	38 "	5.63	85.05	1.007	0.336	0.4942	0.1582	0.0974	0.4687	—	—	do.	1216 "
22. "	40 "	—	—	1.0302	0.3434	0.4841	0.1407	0.0885	0.4687	—	—	do.	1209 "
23. "	42 "	5.85	86.06	0.9776	0.3259	0.4874	0.1615	0.1055	0.4687	—	—	do.	1209 "
24. "	46 "	6.772	85.3	1.6282	0.5427	0.7188	0.1761	0.1299	0.4687 0.2458 0.7145	2.3 Grm.	0.2458	do.	1206 "
25. "	45 "	6.33	85.93	1.0049	0.3349	0.4986	0.1637	0.1037	0.4687	—	—	do.	1204 "
26. "	43 "	5.626	86.9	0.962	0.3207	0.4822	0.1615	0.0956	0.4687	—	—	do.	1202 "
27. "	44 "	—	—	0.9772	0.3291	0.4820	0.1531	0.0921	0.4687	—	—	do.	1199 "
28. "	42 "	—	—	Mittel d 8 Normaltage 1.0010 =	0.3336	Mittel d. 8 Normaltage 0.4863	Mittel 0.1522	Mittel 0.0953	0.4687	—	—	do.	1196 "

Harnsäure ausgetreten; 0.0234 Grm. N waren in einer anderen Verbindung ausgeschieden und zwar wie es scheint als Ammoniak.

Während im Mittel der sämmtlichen Normaltage 0.0953 Ammoniak täglich ausgeschieden wurden, fand ich am Leucintage 0.1299 Grm., also 0.0364 Grm. mehr = 0.0285 Grm. Stickstoff.

Doch ist diese Vermehrung so unbedeutend, dass sie das Hauptresultat des Versuches nicht abändert; das Leucin scheint also im Hühner-Organismus ein Zwischenprodukt zwischen Eiweiss und Harnsäure zu sein.

Versuche mit Ammoniaksalz.

Ebenso wie in meiner früheren Arbeit über die Bildung des Harnstoffs, untersuchte ich auch hier das Verhalten der Ammoniaksalze zum Hühner-Organismus. Die dem Säugethier-Organismus zugeführten Ammoniaksalze treten, wie ich gezeigt habe und Salkowski[1]) bestätigt hat, aus demselben grösstentheils als Harnstoff aus, ein Theil derselben verlässt jedoch den Organismus als Ammoniak. Ganz dasselbe müssen wir nun für das im Organismus aus den Eiweissverbindungen abgespaltene Ammoniak annehmen. [2])

Ein Theil desselben wird in Harnstoff umgewandelt, ein anderer Theil verlässt als solches den Organismus; daher das constante Vorkommen von Ammoniak im normalen Harn der Säugethiere in relativ ziemlich geringen Mengen. Wie verhält sich zu diesem Prozess nun der Hühner-Organismus?

Dass auch hier Ammoniak bei der Verarbeitung der Proteïnstoffe abgespalten wird, darüber kann wohl kein Zweifel herrschen.

Wird dieses gebildete Ammoniak nun weiter verwandelt, oder wird die ganze Menge als solches ausgeschieden? Eine Umwandlung des Ammoniak in Harnsäure erscheint a priori schon sehr unwahr-

1) Salkowski. Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften 1875, pag. 913 ff.

2) Einen weiteren Grund, der uns zu dieser Annahme zwingt, scheint mir in dem später zu ventilirenden Umstand zu liegen, dass die Hühner so viel mehr NH_3 ausscheiden, als die Säugethiere, woraus gefolgert werden muss, dass bei der Verdauung der Proteinkörper eine nicht geringe Menge NH_3 abgespalten wird.

scheinlich, dagegen wäre eine Umwandlung in Harnstoff schon eher denkbar, besonders da Meissner in seiner schon citirten Arbeit die constante Anwesenheit von Harnstoff in den Hühner-Excrementen nachgewiesen hat.

Bei diesen Versuchsreihen bestimmte ich daher ausser Stickstoff, Ammoniak und Harnsäure immer den Harnstoff nach der Eingangs angegebenen Methode.

Bevor ich jedoch an diese Versuche ging, wollte ich mir darüber klar werden, in welcher Form sich das Ammoniak in den Hühner-Excrementen befindet. Ueber diesen Gegenstand liegen schon verschiedene Angaben vor.

Bei seinen Untersuchungen von Adler-Excrementen fand Coïndet[1]) Harnsäure und NH_3 nahezu in äquivalenten Verhältnissen (auf 100 Harnsäure: 8.20; 9.42; 10.86; 8.99 Ammoniak, während saures harnsaures Ammoniak auf 100 Harnsäure 10.12 Ammoniak enthält), und schliesst daraus — was allerdings kein genügender Grund ist —, dass die Harnsäure im Harn der Vögel grösstentheils als harnsaures Ammoniak enthalten ist. Weiter hat Davy[2]) behauptet, dass der Harn aller Vögel ohne Ausnahme hauptsächlich aus harnsaurem Ammoniak bestehe. Diese Angaben hat nun Meissner in seiner Arbeit über den Ursprung der Harnsäure im Harn der Vögel[3]) näher geprüft, konnte dieselben aber nicht bestätigen, wenigstens nicht für Hühnerharn.

Meissner zeigte nämlich, dass man sämmtliches Ammoniak aus dem Harn durch Wasser ausziehen könne, während der ungelöst bleibende Theil (die Hauptmasse) hauptsächlich aus freier Harnsäure bestehe. Ferner zeigte er, dass die Harnkügelchen aus reiner Harnsäure beständen, die von einem Gerüste eingeschlossen, an der Krystallisation verhindert wird.

Bringt man zu einem mikroskopischen Präparat des ursprünglichen Harnes einen Tropfen verdünnter Essigsäure, so verschwinden

1) Consideration sur la production de l'acide urique, Bibliotheque universelle Tom. XXX Genève, 1825 pag. 490. Der Harn reagirte alkalisch, muss daher nicht frisch gewesen sein, denn frischer Harn reagirt immer sauer, sowohl bei Fleisch- als Körner-Nahrung.

2) Physiological researches. London und Edinburgh 1863, pag. 191.

3) Zeitschrift für rationelle Medicin III. Reihe Bd. XXXI. pag. 162. 1868.

sämmtliche Harnkügelchen und an ihrer Stelle erscheinen sofort die schönsten Harnsäure-Krystalle.

Dieser Versuch scheint zuerst dafür zu sprechen, dass die Harnkügelchen harnsaures Ammoniak seien, denn behandelt man harnsaures Ammoniak ebenso mit Essigsäure, so wird auch unter Bildung von essigsaurem Ammoniak die Harnsäure in schönen Krystallen abgeschieden.

Folgender Versuch zeigt jedoch, dass dem nicht so sei. Behandelt man nämlich das Präparat mit Ammoniakflüssigkeit, so verschwinden ebenfalls die Harnkügelchen und es scheidet sich harnsaures Ammoniak in amorphen Körnern aus.

Wenn die Harnkügelchen schon aus harnsaurem Ammoniak beständen, so würden sich dieselben auf weiteren Ammoniakzusatz nicht verändern, wie man sich davon leicht überzeugen kann. Bei längerem Behandeln des Harns mit Wasser, ebenso beim Eintrocknen des Harns, geht die Harnsäure auch in den krystallinischen Zustand über, und Meissner meint daher, es werde durch diese Reagentien ein Gerüst, welches die Harnsäure einschliesse, gelöst.

Bei Behandlung mit verdünnter Kalilauge und Wasser war es ihm sogar möglich, Spuren des Gerüstes unter dem Microscope zu sehen.

Die Meissner'schen Versuche habe ich nun wiederholt und kann sie bestätigen.

Circa 15 Grm. frischer Hühnerharn, den ich, soweit es geht, sorgfältig von Koth gereinigt hatte, wurden im Achatmörser gut durchmischt und in 3 Portionen zur Bestimmung der Harnsäure, des Ammoniaks und des im Wasser löslichen Ammoniaks getheilt. Auf 100 Grm. berechnet, fand ich 43.027 Harnsäure und 1.364 Ammoniak d. h. auf 100 Harnsäure 3.16 Ammoniak. Die 3. Portion wurde nun mit Wasser zuerst gekocht und dann 24 Stunden auf dem Dampfbade gelassen, hierauf das Gelöste abfiltrirt und im Filtrat das Ammoniak bestimmt. Der Rückstand wurde, indem das Gelöste immer abfiltrirt wurde, noch 5 mal mit Wasser ausgezogen, das fünfte Mal währte das Digeriren auf dem Dampfbade sogar 29 Tage; damit war auch alles Ammoniak entfernt. Auf 100 Grm. Harn berechnet, fand ich 1.402 Grm. Ammoniak, also unbedeutend mehr, als

bei der direkten Bestimmung des NH_3 mit Hülfe von Schwefelsäure, was möglicherweise darin seinen Grund hat, dass etwas Ammoniak von dem stickstoffhaltigen Körper des Harns in der langen Zeit vom 1. April bis zum 3. Juni abgespalten wurde.

Schon Meissner machte darauf aufmerksam, dass es nur durch sehr anhaltendes Auswaschen mit Wasser gelänge, sämmtliches Ammoniak in Lösung zu bringen, und erklärt diese Erscheinung durch die eigenthümliche Beschaffenheit der Harnmassen, welche als feste hautartige Fetzen im Wasser nicht aufquellbar, sich schwer extrahiren lassen.

Der nach dem wiederholten Behandeln mit Wasser unlöslich bleibende Rückstand war, wie gesagt, ammoniakfrei und bestand fast aus reiner Harnsäure.

Um dem Einwande zu begegnen, dass das harnsaure Ammoniak durch Wasser zerlegt werden könne, behandelte ich unter denselben Bedingungen eine abgewogene Menge harnsaures Ammoniak mit Wasser. [1]) In den verschiedenen wässerigen Abkochungen wurde nun das Verhältniss von Harnsäure zu Ammoniak bestimmt. In dem Filtrate der ersten Abkochung fand ich auf 100 Harnsäure 9.76 Ammoniak; im Filtrat der zweiten auf 100 Harnsäure 10.23; in dem der dritten 10.65 und in dem Rückstande, nachdem das Salz 2 Monate mit Wasser auf dem Dampfbade behandelt war, auf 100 Harnsäure 9.87 Ammoniak. Dieses Resultat zeigt nun aufs deutlichste, dass Harnsäure und Ammoniak immer in äquivalenten Verhältnissen in Lösung gingen, dass mithin eine Dissociation der Verbindung durch Wasser nicht stattgefunden hat.

Zur weiteren Entscheidung der Frage, in welcher Form das Ammoniak in den Vogel-Exrementen enthalten ist, stellte ich folgenden Versuch an.

Ein Hahn von 1560 Grm. Körpergewicht bekam während einer längeren Zeit 30 Grm. Graupen und 40 Cc. Wasser. Die Excremente wurden mit Hilfe von Druckdifferenz, ohne irgend welchen Zusatz von Wasser, in einen flüssigen und festen Theil getheilt und in beiden Theilen das Ammoniak bestimmt. Die nach der Henne-

1) In dem harnsauren Ammoniak fand ich auf 100 Harnsäure: 10.49 Ammoniak.

berg'schen Methode ausgeführten Rohfaser-Analysen zeigten, dass dasselbe in nicht unbeträchtlichen Mengen (26.02 %) von den Hühnern verdaut wird.

Tabelle V.

Datum	Excremente	NH_3 im flüssigen Theil des Kothes	NH_3 im festen Theil des Kothes	NH_3 im Ganzen	Rohfaser im Futter	Rohfaser im Koth	Rohfaser verdaut in Procenten	Futter	Körpergewicht
1. April	28 Grm.	—	—	0.0918	0.7173	—	—	30 Grm. Graupen 40 Cc. Wasser	1550 Grm.
2. „	26 „	—	—	0.0909	—	—	—	do.	1546 „
3. „	29 „	—	—	0.0926	—	—	—	do.	1544 „
4. „	27 „	0.05865	0.0357	0.09435	0.7173	0.5327	25.73	do.	1541 „
5. „	30 „	0.0578	0.0348	0.09265	0.7173	0.5402	24.69	do.	1539 „
6. „	31 „	0.0527	0.0399	0.0926	0.7173	0.5223	27.18	do.	1535 „
7. „	28 „	0.0510	0.0425	0.0935	0.7173	0.5282	26.36	do.	1530 „
8. „	27 „	0.05015	0.0374	0.0875	0.7173	—	—	do.	1525 „
9. „	29 „	0.0442	0.04505	0.08925	0,7173	0.5300	26.11	do.	1521 „
10. „	30 „	0.05525	0.0357	0.0909	—	—	—	dò.	1517 „
Durchschnitt =		0.05282	0.03872	0.0916	—	0.5307	26.02	do.	

Das Thier schied somit im Durchschnitt aller Versuchstage vom 1. bis zum 10. April 1876: 0.0916 Grm. Ammoniak im Ganzen, im Durchschnitt der Tage, wo Ammoniak in beiden Theilen bestimmt wurde, im flüssigen 0.05282 und im festen Theil 0.03872 Grm. aus. Der flüssige Theil der Excremente war also mit Ausnahme des einen Tages (9. April) reicher an Ammoniak als der feste Theil. Gleichzeitig suchte ich in dem flüssigen Theil der Excremente die gelöste Harnsäure zu bestimmen, doch war dieselbe nur in geringen Spuren nachweisbar, wie es sich in der sauren Flüssigkeit schon erwarten liess.

Schliesslich untersuchte ich noch zur Entscheidung derselben Frage die Löslichkeit des in den Excrementen enthaltenen Ammoniaks in Alcohol. Es ist nämlich ein ziemlich beträchtlicher Theil des Ammoniaks in Alcohol löslich; bei verschiedenen Versuchen schwankte die Löslichkeit zwischen 15—30 % des überhaupt vorhandenen

Ammoniaks.[1]) Dieses Ammoniak kann in den Excrementen nur in Verbindung mit Salzsäure, Salpetersäure, Buttersäure und anderen flüchtigen Fettsäuren enthalten sein, denn schwefelsaures Ammoniak, phosphorsaures Ammoniak sind in Alcohol fast unlöslich, harnsaures Ammoniak vollständig unlöslich.

Salpetersäure ist in den Excrementen höchstens in geringen Spuren vorhanden, auch nach der Eingabe von Ammoniaksalzen, herrührend von Trinkwasser; dagegen sind Buttersäure und die höheren Glieder der flüchtigen Fettsäurereihe vorhanden, ich habe namentlich Buttersäure qualitativ nachgewiesen, ausserdem gaben die Excremente unter einer Glasplatte gestellt bei gewöhnlicher Temperatur anhaltend ziemlich viel einer flüchtigen Säure (Buttersäure) ab.[2]) Um zu untersuchen, wodurch die saure Reaction der Excremente bedingt wird, behandelte ich die im Laufe zweier Tage entleerte Kothmenge eines Hahnes[3]) mit Wasser. Der filtrirte klare saure Wasserauszug betrug 400 Cc. und enthielt:

NH_3	0.2590
KaO	0.2582
NaO	0.0335
CaO	0.0528
MgO	0.1089
SO_3	0.1648
Cl	0.1262
PO_5	0.3784

Harnsäure war, wie schon früher erwähnt, nur in unbestimmbaren Spuren vorhanden.

Berechnen wir nun sämmtliche in dem Wasserauszug bestimmte Säuren resp. Basen auf die äquivalente Menge Natrium, so giebt das Verhältniss beider zu einander folgendes Resultat:

---

1) Dieselbe ist natürlich sehr abhängig von der Nahrung; so fand ich bei Reisnahrung 13.7%, bei Nahrung mit Graupen 25% des vorhandenen Ammoniaks in Alkohol löslich, was vielleicht mit dem grösseren Reichthum der Graupen an Chlor zusammenhängt.

2) 20 Grm. circa 60% Wasser haltender Koth wurden, wie bei der Neubauer-Schlösing'schen NH_3 Bestimmung mit einer Schale titrirter Natronlauge unter eine Glocke gestellt. Innerhalb 30 Tagen vom 15. Dezbr. bis 14. Januar wurden 20 Cc. $^1/_{10}$ Normal Natronlauge neutralisirt, entsprechend 0.176 freier Buttersäure; natürlich hatte sich während dieser Zeit ein grosser Theil der Buttersäure erst gebildet, denn die direkte Aciditätsbestimmung gab für eine gleiche Menge desselben Kothes einen viel geringeren Werth. Nach Ablauf dieser 30 Tage wurde der Koth unter NH_3 Entwickelung alkalisch.

3) Derselbe befand sich bei einer Nahrung von 50 Grm. Graupen und 60 Cc. Wasser nahezu auf dem Gleichgewicht.

0.2590 NH_3 = 0.3504 Na	
0.2582 KaO = 0.1263 „	0.1648 SO_3 = 0.09476 Na
0.0335 NaO = 0.0248 „	0.1262 Cl = 0.08176 „
0.0528 CaO = 0.0434 „	0.3784 PO_5 = 0.12258 „
0.1089 MgO = 0.1252 „	
Basenäquivalent = 0.6701 Na	Säureäquivalent = 0.29910 Na.

Das Basenäquivalent überwiegt also unter den anorganischen Verbindungen das Säureäquivalent um 0.371 Na. Es muss daher eine verhältnissmässig grosse Menge organischer Säure vorhanden sein, um die saure Reaction hervorzurufen.

Die direkte Aciditäts-Bestimmung des wässerigen Auszuges ergab, dass 40 Cc. $^1/_{20}$ Normal Natronlauge erforderlich gewesen wären, um die 400 Cc. zu neutralisiren, entsprechend 0.08 freier Schwefelsäure; auf Buttersäure berechnet, weil diese unter den flüchtigen Fettsäuren überwiegt = 0.176 Grm. Buttersäure.

Rechnen wir noch hinzu die Säuremenge, die nöthig ist, um die Basen zu neutralisiren, so entspricht dem Ueberschuss der Basen 0.371 Na 1.4196 Buttersäure; im Ganzen also 1.5956 Buttersäure; hiernach scheidet der Hahn bei einem Futter von 50 Grm. Graupen täglich 0.7978 Grm. [1]) organische Säure, auf Buttersäure berechnet, aus. Dieses Ergebniss stimmt auch damit, dass der die saure Reaction bedingende Körper in Alcohol-Aether leicht löslich ist. Alle eben angeführten Versuche zeigen in vollständiger Uebereinstimmung mit einander, dass das Ammoniak nicht, wie man früher glaubte, an Harnsäure, sondern theils an anorganische Säuren, theils an Säuren aus der Reihe der flüchtigen Fettsäuren in den Excrementen gebunden gedacht werden muss.

Erst nach Entscheidung dieser Vorfrage machte ich mich an die Versuche selbst; was dieselben anbetrifft, so wurden sie ebenso wie die früheren angestellt, doch führten sie nicht gleich zu ungetrübten Resultaten. Dieses hat hauptsächlich seinen Grund in der Eigenschaft der Ammoniaksalze, die Eiweisszersetzung des Körpers zu steigern.

1) Natürlich kann diese Zahl auf Genauigkeit keinen Anspruch machen, da man den Sättigungsgrad der einzelnen Säuren, namentlich der Phosphorsäure, nicht genau bestimmen kann.

Schon bei meinen früheren Untersuchungen an Säugethieren habe ich mit diesem Uebelstande zu kämpfen gehabt, und desshalb nur sehr kleine Dosen verabreichen können.

Der Hühner-Organismus ist gegen Ammoniaksalze noch viel empfindlicher, die Dosen mussten daher sehr klein genommen werden; ausserdem tritt das eingeführte Salz nicht an einem Tage sondern erst im Verlaufe von 2 bis 3 Tagen aus, was natürlich den klaren Einblick in den sich abspielenden Prozess sehr erschwert.

Ich habe daher den Versuch mit Ammoniaksalzen circa 10 mal wiederholen müssen, bis ich zu Ergebnissen kam, die mich den Verbleib des Ammoniaks einigermassen überblicken liessen. Es lässt sich nämlich a priori nicht genau angeben, wieviel des betreffenden Salzes das Versuchsthier verträgt, ohne dass die Eiweiss zersetzende Wirkung desselben das Versuchsergebniss verdunkelt, da der Grad der Empfindlichkeit von der Individualität des Thieres ungeheuer abhängig ist.

So war bei einem Hahn von 1700 Grm. Körpergewicht nach 0.4 Grm. Salmiak die Eiweisszersetzung gesteigert, während bei einem andern Thiere von demselben Gewicht bei gleicher Nahrung eine solche nach 0.4 Grm. Salmiak nicht eintrat.

Dieser Umstand erklärt genügend die Schwierigkeit der hieher gehörigen Versuche.

Als Beispiel eines Versuches, der keinen sicheren Schluss zu machen gestattet, führe ich folgende Tabelle an:

(Siehe die Tabelle VI auf Seite 62.)

Nach der Einführung von 0.79 Grm. Salmiak (24. Jan.) steigt wie ersichtlich, die Harnsäure-Ausscheidung von normal 0.9257 Grm. auf 1.7183; 1.4849; 1.1761 Grm.; an diesen Tagen war also 1.6022 Grm. Harnsäure (= 0.5341 N) mehr ausgeschieden als 3 Normaltagen entspricht.

Die Ammoniak-Ausscheidung steigt auch. Während an den Normaltagen im Durchschnitt 0.1128 Grm. Ammoniak ausgeschieden werden, findet sich an den 3 unter dem Einfluss der Salmiakzufuhr stehenden Tagen 0.2385; 0.1482 und 0.1259 Grm. Im Ganzen

Tabelle VI.

Datum	Excremente	Trocken-substanz	Wasser in Procenten.	Harnsäure	Ammoniak	N aus Harnsäure und Ammoniak	N direct gefunden	Differenz	Harnstoff	N in Alkohol löslich	Salmiak	NH_3 in Salmiak	NH_3 mehr ausgeschieden als dem Normaltage entspricht	Futter	Körpergewicht
18. Januar	34 Grm.	6.3	82.5	—	—	—	—	—	0.0216	0.0448	—	—	—	35 Grm. Graupen 45 Cc. Wasser	1885 Grm.
19. „	48 „	—	—	0.8800	0.1199	0.392	0.7019	0.3099	—	—	—	—	—	do.	1882 „
20. „	46 „	—	—	0.9707	0.1113	0.4151	0.6309	0.2158	—	0.0361	—	—	—	do.	1872 „
21. „	49 „	—	—	1.0084	0.1134	0.4294	0.6731	0.2437	0.0113	—	—	—	—	do.	1867 „
22. „	43 „	—	—	0.8661	0.1114	0.3805	0.6784	0.2979	0.0172	—	—	—	—	do.	1864 „
23. „	47 „	6.18	86.85	0.9326	0.1079	0.3997	0.6770	0.2773	0.0139	0.0389	—	—	—	do.	1860 „
24. „	80 „	7.36	90.8	1.7183	0.2385	0.7674	1.0430	0.2756	0.04805	0.1159	0.79	0.251	0.1257	do.	1850 „
25. „	51 „	7.000	86.27	1.4849	0.1482	0.6169	0.8808	0.2639	0.0619	0.1083	—	—	0.0354	do.	1835 „
26. „	40 „	—	—	1.1761	0.1259	0.4957	0.8113	0.3156	0.0202	0.0481	—	—	0.0131	do.	1830 „
27. „	46 „	6.408	86.07	0.9385	0.1100	0.4034	0.6846	0.2812	0.014	0.0363	—	—	—	do.	1827 „
28. „	48 „	—	—	0.9244	0.1155	0.4032	0.6733	0.2701	0.0127	—	—	—	—	do.	1825 „
29. „	45 „	—	—	0.9051	0.1133	0.395	0.6805	0.2845	—	—	—	—	—	do.	1822 „
				Mittel d. Normaltage 19 – 23; 27 – 29	Mittel d. Normaltage 19 – 23; 27 – 29	—	Mittel d. Normaltage 19 – 23; 27 – 29	—	Mittel d. Normaltage 19 – 23; 27 – 29	Mittel d. Normaltage 20; 22; 23; 27.	—	—	0.1742		
				0.9257	0.1128	—	0.6749	—	0.0138	0.0371	—	—	—		
An den 3 unter dem Einfluss der Salmiakzufuhr stehenden Tagen mehr ausgeschieden als drei Normaltagen entspricht				1.6022 Ū = 0.5341 N	0.1742 NH_3 = 0.1434 N	0.6775	0.7104	0.0329	0.0887 Ū + = 0.0414 N	0.1610	—	0.251 NH_3 gegeben 0.174 + 0.077	—		

beträgt die Vermehrung 0.1742. Grm. In dem Salmiak sind dem Thiere 0.251 Grm. Ammoniak zugeführt; 0.077 Ammoniak sind also entweder verloren gegangen, oder in andere Verbindungen übergeführt. Es lässt sich aber hier nicht einmal sagen, dass die Ammoniak-Vermehrung nur auf Rechnung des Ammoniak im Salmiak zu schreiben ist, da, wie am deutlichsten die Stickstoff-Ausscheidung zeigte (es sind 0.7104 N mehr ausgeschieden, während im Salmiak nur 0.207 N eingeführt sind), an diesem Tage viel mehr Eiweiss zersetzt ist, als unter normalen Verhältnissen, und das mehr zersetzte Eiweiss auch für sich schon eine Ammoniak - Vermehrung verursacht.

Wie die Tabelle zeigt, hat ausserdem eine Vermehrung der Harnstoff - Ausscheidung stattgefunden. Im Ganzen sind an den 3 nämlichen Tagen 0.0887 Harnstoff mehr gebildet, als unter normalen Verhältnissen.

Welcher Körper hier das Material zu Harnstoff geliefert hat, ob Ammoniak, ob ein Theil des zersetzten Eiweisses, ist natürlich unter diesen Verhältnissen nicht zu entscheiden [1]; dass sich die Menge des in Alcohol löslichen Stickstoffs vermehrt hat (um 0.1610 Grm.), spricht im Vergleich mit später zu erwähnenden Versuchen, wenn wir die Harnstoffvermehrung hier nicht berücksichtigen, dafür, dass der Salmiak als solcher unverändert den Organismus passirt, da Salmiak in Alcohol löslich ist.

Versuche, die in derselben Weise, wie der eben beschriebene ausgefallen sind, habe ich noch mehrere aufzuweisen.

Ein besseres Resultat dagegen erzielte ich bei dem folgenden Versuche, den ich mit einer Ente ausführte. Nachdem ich dieselbe bei einer Fütterung mit 70 Grm. Graupen und 200 Cc. Wasser nach einer Vorfütterung von 14 Tagen auf das Stickstoff-Gleichgewicht gebracht hatte, gab ich dem Thiere am 21. Oktober 0.81 Grm. Salmiak.

1) In seiner schon mehrmals citirten Arbeit macht Meissner besonders darauf aufmerksam, dass Harnstoff und Kreatin in grösserer Menge ausgeschieden wird, wenn die Nahrung unzureichend ist, Abnahme des Körpergewichts stattfindet und damit das Thier wenigstens theilweise zum Fleischfresser wird, (conf. Tabelle I im Vergleich mit Tabelle VI und VIII); ganz dasselbe wird nun auch stattfinden, wenn aus irgend einem andern Grunde, wie z. B. hier, mehr Eiweiss im Körper zersetzt wird.

Tabelle VII.

Datum	Excremente	Trocken-substanz	Harnsäure	Ammoniak	N aus Ū und NH_3	N direct gefunden	Differenz	+ Ū	Salmiak	NH_3 in Salmiak	NH_3 mehr als an den Normal-tagen	Futter	Körper-gewicht
17. Oktober	93	14.02 Gr.	1.8777	0.2242	0.8104	1.1017	0.2913	—	—	—	—	70*) Grm. Graupen 200 Cc. Wasser	1450 Grm.
18. "	100	14.01 "	1.8046	0.2205	0.7831	1.0868	0.3037	0.0452	—	—	—	do.	1448 "
19. "	112	15.0 "	1.8499	0.2198	0.7976	1.0973	0.2997	0.0509	—	—	—	do.	1446 "
20. "	98	14.57 "	1.8999	0.2286	0.8215	1.1511	0.3296	0.0603	—	—	—	do.	1442 "
21. "	133	16.02 "	1.9528	0.3192	0.9138	1.2867	0.3729	0.1019	0.81	0.2574	+ 0.0979	do.	1440 "
22. "	102	14.82 "	1.8219	0.3009	0.8551	1.0911	0.2360	0.0493	—	—	+ 0.0796	do.	1433 "
23. "	97	14.48 "	1.807	0.2557	0.8129	1.0991	0.2862	0.054	—	—	+ 0.0344	do.	1440 "
24. "	95	—	1.8159	0.2155	0.7828	1.0633	0.2805	0.0481	—	—	—	do.	1442 "
25. "	104	14.83 "	1.7583	0.2192	0.7666	1.0787	0.3121	—	—	—	—	do.	1439 "
26. "	—	—	—	Mittel d. Normaltage 17—20; 24; 25. 0.2213	—	Mittel v. 17—20; 22—25. 1.0961	Mittel 17—20; 23—25. 0.3004	Mittel 18—20; 22—24. 0.0513	—	—	+ 0.2119	do.	
27. "	—	—	—	Vom 21—23 NH_3 = 0.8758 0.6639 0.2119 +	—	Mittel + 0.2119 + 0.1906 − 0.0213	Mittel v. 21 und 22 0.3044	21 = 0.1019 0.0513 + 0.0506	—	—	—	*) darin 1.0030 N	

Wie die Tabelle VII zeigt, wurde die Eiweisszersetzung durch das eingeführte Salz nicht gesteigert. Die Harnsäurevermehrung reicht in die Grenzen der Versuchsfehler; es wurde nicht einmal aller im Salmiak eingeführte Stickstoff wiedergefunden (statt 0.2119 N fand ich nur 0.1906.)

An den 3 unter dem Einfluss der Salmiakzufuhr stehenden Tagen wurden im Ganzen 0.2119 NH_3 mehr ausgeschieden als drei Normaltagen entspricht. Eingeführt waren dem Thiere im Salmiak 0.2574 NH_3; 0.0455 NH_3 waren somit der Bestimmung entgangen. Ein Theil desselben ist möglicher Weise in Harnstoff verwandelt worden und erklärt sich dann so die auffallende Zunahme desselben um 0.0506 Grm. am 21. Oktober, doch lässt sich aus diesem Versuch kein sicherer Schluss auf eine mögliche Umwandlung des NH_3 in Harnstoff ziehen. Das Resultat dieses Versuches spricht ziemlich entscheidend dafür, dass das Ammoniak unverändert den Hühner-Organismus passirt, auffallend ist nur, dass, während die Vermehrung der NH_3-Ausscheidung 3 volle Tage anhält, die N-Ausscheidung am 22. Oktober wieder normal ist.

Ein Blick auf die Tabelle erklärt jedoch diesen Umstand. Die Differenz zwischen dem direct gefundenen Stickstoff und dem aus der Harnsäure und dem Ammoniak berechneten Stickstoff steigt am Salmiaktage auf 0.3729 Grm. (gegen 0.3004 im Mittel der Normaltage), und diese Steigerung ist grösser als der vermehrten Harnstoff-Ausscheidung entspricht; es sind also an diesem Tage offenbar mehr Gallenstoffe oder mehr unverdautes Proteïn ausgeschieden worden. Am folgenden Tage sinkt dieselbe Differenz doch wieder unter das Mittel, es hatte also an diesem Tage ein kleiner Ansatz von Stickstoff haltigen Stoffen stattgefunden und dieser Ansatz wird durch die anderseits vermehrte Ammoniakausscheidung beinahe vollständig verdeckt. [1])

1) Die der vermehrten Ammoniakausscheidung entsprechende Stickstoffmenge beträgt 0.0655 Grm., während die an diesem Tage zwischen dem direct bestimmten Stickstoff und dem aus der Harnsäure und dem Ammoniak berechneten Stickstoff gefundene Differenz um 0.0634 Grm. unter das Mittel sinkt; also beinahe vollständig gleiche Zahlen, welche beide die Stickstoff-Ausscheidung am 22. Octbr. wieder normal erscheinen lassen.

Um mir über die Vermehrung der Harnstoffausscheidung nähere Aufklärung zu verschaffen, stellte ich noch einen Versuch mit Salmiak an, bei welchem ich zugleich die Ausscheidung des Chlors verfolgte. Bei diesem Versuche gab ich ferner dem Versuchsthier (einem Hahn) eine kleinere Dosis (0.26 Grm.) Salmiak, um auch die bei dem vorigen Versuch entstandenen Unregelmässigkeiten in der Stickstoff-Ausscheidung zu vermeiden.

Dieser Versuch giebt nun ein ganz entscheidendes Resultat.

(Siehe die Tabelle VIII auf Seite 67.)

Ein Blick auf die Tabelle zeigt, wie ungeheuer regelmässig alle Ausscheidungen erfolgten.

Innerhalb zweier Tage ist sämmtliches Ammoniak als solches und sämmtliches Chlor des Salmiaks ausgeschieden worden. Es hat, wie es scheint, nicht einmal eine Dissociation des Salmiaks im Körper stattgefunden, denn die vermehrten Ausscheidungen von Ammoniak und Chlor sind in nahezu äquivalenten Verhältnissen erfolgt.

Eine Steigerung des Eiweissumsatzes hat nicht stattgefunden; die kleine Vermehrung des Harnstoffs reicht in die Grenzen der Versuchsfehler.

Mit ganz demselben Resultat habe ich schliesslich einen Versuch mit schwefelsaurem Ammoniak angestellt; auch hier wurde sämmtliches Ammoniak als solches ausgeschieden.

(Siehe die Tabelle IX auf Seite 68.)

Ueberschauen wir nun alle mit Ammoniaksalzen angestellten Versuche, so muss als Resultat dieser festgestellt werden, dass der Hühner-Organismus nicht im Stande ist, wie der Säugethierorganismus, eingeführtes Ammoniak weiter zu verwandeln; dasselbe tritt als solches aus dem Körper wieder aus. Ebenso, darf man schliessen, wird es hier mit dem aus dem Eiweismolecül bei der Verdauung sich abspaltenden Ammoniak der Fall sein; dieses muss als Ammoniak austreten, während wir gesehen haben, dass das im Säugethierorganismus bei der Verdauung aus den Eiweisskörpern resultirende Ammoniak weiter zu Harnstoff verwandelt werden kann.

Tabelle VIII.

Datum	Faeces	Harnsäure	Ammoniak	N aus Ū und NH₃	N direct	Differenz	+ Ū	Cl	Salmiak	NH₃ im Salmiak	NH₃ mehr ausgeschieden	Cl im Salmiak	Cl mehr ausgeschieden	Futter	Körpergewicht
22. August	45 Grm.	—	0.1214	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40*) Graupen + 50 Wasser	1550 Grm.
23. "	58 "	—	0.1284	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	do.	1498 "
24. "	43 "	—	0.1260	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	do.	1496 "
25. "	54 "	—	0.1284	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	do.	1501 "
26. "	53 "	1.1505	0.1230	0.4848	0.7811	0.2963	—	—	—	—	—	—	—	do.	1497 "
27. "	48 "	1.1693	0.1193	0.4881	0.7843	0.2962	—	0.0237	—	—	—	—	—	do.	1495 "
28. "	52 "	1.140	0.1245	0.4825	0.7737	0.2912	0.0256	0.218	—	—	—	—	—	do.	1490 "
29. "	55 "	1.1944	0.1723	0.5400	0.8240	0.2840	0.0298	0.1243	0.260	0.0826	0.0481	0.1725	0.1001	do.	1486 "
30. "	54 "	1.1093	0.1571	0.4992	0.8011	0.3019	0.0264	0.0893	—	—	0.0329	—	0.0651	do.	1483 "
31. "	52 "	1.1508	0.1258	0.4872	0.7736	0.2864	—	0.0269	—	—	—	—	—	do.	1479 "
1. Septbr.	51 "	—	0.1247	—	0.7807	—	—	0.0243	—	—	—	—	—	do.	1475 "
2. "	49 "	—	0.1237	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	do.	1469 "
3. "	50 "	—	0.1214	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	do.	1464 "
Durchschnitt der Normaltage		1.1524	0.1242	—	0.7787	—	0.02727	0.0242	—		0.0810		0.1652	*) darin 0.6251 N	

Tabelle IX.

Datum	Faeces	Trocken-substanz	HO-Gehalt in Procenten	Harnsäure	NH_3	NH_3 aus $\bar{U}$ und NH_3	N direct gefunden	Differenz	NH_3 in Alkohol löslich	Schwefelsaures Ammoniak	darin NH_3	NH_3 mehr ausgeschieden als an Normaltagen	Futter	Körpergewicht
1. April	29 Grm.	—	—	—	0.1142	—	—	—	—	—	—	—	40 Grm. Reis + 30 Wasser	1463 Grm.
2. „	30 „	—	—	—	0.1122	—	—	—	—	—	—	—	do.	1466 „
3. „	31 „	3.897	87.43	1.4145	0.0987	0.5528	0.7722	0.2194	0.01205	—	—	—	do.	1461 „
4. „	29 „	—	—	—	0.0992	—	0.7582	—	—	—	—	—	do.	1458 „
5. „	30 „	3.7999	87.33	1.4423	0.09817	0.5616	0.7747	0.2131	0.01404	—	—	—	do.	1453 „
6. „	28 „	3.5993	87.14	1.4975	0.0999	0.5813	0.7623	0.1810	0.01406	—	—	—	do.	1451 „
7. „	60 „	4.9995	91.66	1.6302	0.2238	0.7277	0.9682	0.2405	0.04063	0.998	0.2299	0.1240	do.	1450 „
8. „	30 „	3.7	87.7	1.5255	0.1677	0.6466	0.7892	0.1426	0.01785	—	—	0.0679	do.	1438 „
9. „	31 „	—	—	1.450	0.1299	0.589[illegible]	0.7523	0.1624	0.01426	—	—	0.0301	do.	1434 „
10. „	29 „	—	—	1.4613	0.09826	0.56802	0.7509	0.18288	0.01394	—	—	—	do.	1431 „
11. „	28 „	—	—	1.43706	0.1045	0.56508	0.7602	0.19512	—	—	—	—	do.	1432 „
					Mittel d. Normaltage 3 bis 6; 10; 11 0.0998	—	0.7615	—	3; 5; 6; 10; 13.7 Prc. NH_3 in Alkohol löslich	—	—	—	do.	
										—	—	0.2220	do.	

Eine weitere Erklärung dieser Tabelle ist überflüssig.

Eine weitere Folge davon muss sein, dass unter normalen Verhältnissen und bei gleicher Nahrung Hühner weit mehr Ammoniak ausscheiden müssen, als Säugethiere, eine Thatsache, die wohl schon lange bekannt sein mag, aber bisher nicht hat erklärt werden können.

Suchen wir für diesen eben erwähnten Umstand nach Zahlen-Belegen, so lässt sich folgende Tabelle aufstellen:

Versuchsobject.	Körpergewicht in Grammen	Ammoniak-Ausscheidung in 24 Std.	Auf 1 Kilogrm. Körpergewicht Ammoniak	Stickstoff-Ausscheidung in 24 Std.	Auf 1.0 Gramm Stickstoff Ammoniak
Hahn [1])	1530	0.0916	0.0599	—	—
„ [2])	1850	0.1128	0.06097	0.6749	0.1671
„ [3])	1480	0.1242	0.0839	0.7787	0.1596
„ [4])	1450	0.0998	0.06882	0.7615	0.13105
„ [5])	1220	0.0953	0.0781	0.4863	0.19596
Ente [6])	1440	0.2213	0.1536	1.0961	0.2019
Hund [7])	7500	0.2698	0.0359	—	—
„ [8])	7500	0.2407	0.0321	—	—
„ [9])	3800	0.148	0.0389	1.5166	0.0975
Mensch [10])	72400	0.6250	0.00863	13.959	0.04477
„ [11])	—	0.4426	—	15.00	0.0294
„ [12])	—	0.7244	—	15 00	0.0483

1) Conf. Tabelle V Ammoniak-Versuch.
2) Conf. Tabelle VI.
3) Conf. Tab. VIII.
4) Conf. Tab. IX.
5) Conf. Tab. IV.
6) Conf. Tab. VII.
7) Conf. Zeitschrift f. Biologie. Bd. VIII. pag. 132. 1872. Glycocoll-Versuch.
8) Ebenda pag. 134. Leucin-Versuch Das Körpergewicht der Hunde ist nicht genau (7—8 Kilo) angegeben.
9) Conf. Zeitschrift f. Biologie. Bd. X. pag. 270. 1874.
10) Ebenda, pag. 274.
11) Lohrer, Dissertation. Dorpat. pag. 32. 1862.
12) Neubauer, Journal f. practische Chemie. Bd. 64. pag. 183. Bei Lohrer und Neubauer fehlen Angaben über die tägliche N-Ausscheidung. Da eine normale Ernährung der Versuchsobjecte aus beiden Arbeiten anzunehmen ist, rechne ich die tägliche Stickstoff-Ausscheidung rund zu 15 Grm.

Während die Hühner im Durchschnitt auf 1 Grm. Stickstoff 0.1613 Ammoniak ausschieden, beträgt die Ammoniak-Ausscheidung beim Hunde auf 1 Grm. Stickstoff 0.0975; beim Menschen nur 0.04082, also ½—¼ weniger als bei den Hühnern.

Von der Ente wurde noch etwas mehr Ammoniak ausgeschieden. Ueber die Ammoniak-Ausscheidung anderer Säugethiere konnte ich leider keine genügenden Angaben finden.

Wenn ich zum Schluss die Hauptresultate meiner Arbeit zusammenfasse, so lassen sich dieselben in folgenden Sätzen aussprechen:

1) Im Verlaufe der Verdauung der Proteïnkörper scheinen im Hühner-Organismus dieselben Körper: Asparaginsäure, Leucin, Glycocoll zu entstehen, wie dieses hei der Verdauung der Proteïnkörper im Säugethier-Organismus der Fall ist, und diese Umwandlungsprodukte der Proteïnkörper sind hier als Vorstufen der Harnsäure zu betrachten.

2) Als Vorstufen der Harnsäure im Säugethier-Organismus sind, mit Ausnahme der Ammoniaksalze, dieselben Körper zu betrachten, welche bei der Bildung des Harnstoffs in Betracht kommen, wenigstens gilt dieses für die von mir untersuchten Amido-Säuren: Asparaginsäure, Glycocoll und Leucin.

3) Ammoniaksalze, welche im Körper der Säugethiere in Harnstoff verwandelt werden, verlassen den Hühner-Organismus unverändert, und hierin liegt der Grund der so beträchtlichen Ammoniak-Ausscheidung der Hühner im Vergleich mit der der Säugethiere.

Analytische Belege zu Tabelle I. (Asparagin-Versuch.)

Datum	Koth[1]) im Ganzen	Zu N-Bestimmung	Cc.[2]) Normal SO_3 neutralisirt	N im Ganzen	Zu NH_3-Bestimmung	Cc.[2]) Normal SO_3 neutralisirt	NH_3 im Ganzen	Zu[3]) Ū Grm. Ū-Lösung Cc.	Ū gefunden	Ū im Ganzen	+Ū Gramm[4]) +Ū-Lösung Cc.	$BaOSO_3$ gefunden	+Ū im Ganzen
		Grm.			Grm.				Grm.	Grm.		Grm.	
5. December	19.1615	—	—	—	—	—	—	2.6715 55 47	0.1062	0.8911	—	—	—
6. „	16.3475	—	—	—	—	—	—	2.888 86 50	0.1089	1.0607	—	—	—
7. „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8. „	20.4815	3.2975	3.8	0.3304	—	—	—	7.321 100 25	0.0753	0.844	—	—	—
9. „	18.1465	3.3285	4.35	0.3320	—	—	—	8.222 100 25	0.0866	0.7645	—	—	—
10. „	13.7365	3.162	5.55	0.3375	—	—	—	6.211 100 25	0.087	0.7696	—	—	—
11. „	12.10	2.2585	4.35	0.3263	5.1955	1.35	0.0534	3.956 100 25	0.061	0.7463	3.956 30 15	0.0254	0.040
12. „	12.7175	1.356	7.3	0.9584	5.6425	1.825	0.06992	4.811 100 25	0.2441	2.5810	4.811 32 16	0.0310	0.0423
13. „	16.031	3.3865	12.55	1.1802	5.870	1.525	0.0708	6.0455 100 25	0.3086	3.2733	6.0455 30 15	0.0318	0.0484
14. „	14.7575	1.7065	4.68	0.5666	6.102	1.40	0.0575	6.2975 100 25	0.1558	1.4604	6.2975 30 15	0.0340	0.0411
15. „	13.8715	1.432	2.4	0.3255	6.011	1.235	0.0484	5.121 100 25	0.0715	0.7747	5.121 30 15	0.0285	0.0398
16. „	17.071	2.021	2.8	0.3311	7.005	1.26	0.0502	6.222 100 25	0.0688	0.7550	—	—	—
17. „	11.5055	1.521	3.17	0.3357	5.606	1.44	0.0503	4.102 100 20	0.0549	0.7699	—	—	—

1) Nach dem Eindampfen in der Platinschale.

2) Titrirt wurde die Normal SO_3 mit $^1/_3$ Normal Natronlauge, so dass also 7.6 Cc. NaO resp. 2.7 Cc. nach der NH_3 Absorption weniger verbraucht wurden.

3) Zur näheren Erklärung dieser Spalte sei angeführt, dass die erste Zahl die angewandte Substanz in Grm. bedeutet, die zweite Zahl das Volumen der durch Leinwand filtrirten Harnsäurelösung; die dritte Zahl endlich gibt an, wieviel Cc. von der nochmals durch Papier filtrirten Harnsäurelösung zur Bestimmung der Harnsäure mit Salzsäure versetzt wurden.

4) In dieser Spalte bedeutet die erste Zahl wieder die angewandte Substanz in Grm., die zweite Zahl das Volumen der Flüssigkeit nach dem Zusatz der ammoniakalischen Chlor-Barium-Lösung (conf. die Eingangs angegebene Methode der Harnstoff-Bestimmung), die dritte Zahl, wieviel Cc. der filtrirten klaren Lösung zur Harnstoff-Bestimmung in das Glasrohr eingeschlossen wurden.

Analytische Belege zu Tabelle II. (Asparaginsäure-Versuch.)

Datum	Koth[1]) im Ganzen	Zur N-Bestimmung	Cc.[2]) Normal SO_3 neutralisirt	N im Ganzen	Zu NH_3 genommen	Cc.[2]) Normal SO_3 neutralisirt	NH_3 im Ganzen	Zu[3]) Ū Grm. U-Lösung Cc.	Ū gefunden	Ū im Ganzen	Zu N in Alkohol löslich	Cc.[2]) Normal SO_3 neutralisirt	N in Alkohol löslich
		Grm.			Grm.								Grm.
14. Juli	10.4425	0.662	1.9	0.4196	6.297	2.5	0.0704	2.39 100 25	0.0572	0.9996	—	—	—
15. „	14.1005	0.8425	1.7	0.3983	9.344	2.75	0.0705	2.4895 100 20	0.032	0.9062	2.4895	0.26	0.0206
16. „	11.9975	0.670	1.6	0.4011	8.0430	2.7	0.0684	2.3135 100 25	0.0455	0.9439	—	—	—
17. „	13.845	0.8525	1.75	0.3979	8.754	2.575	0.0692	2.648 100 20	0.0390	1.0195	2.648	0.31	0.0227
18. „	16.6875	0.844	2.2	0.6089	9.966	2.5	0.0712	2.568 100 20	0.0480	1.5596	2.568	0.26	0.0236
19. „	16.228	1.0665	1.86	0.3962	9.506	2.35	0.0682	3.6155 100 20	0.0457	1.0256	3.6155	0.36	0.0226
20. „	12.4675	0.7102	1.65	0.4069	8.09	2.6	0.0728	2.4315 100 21	0.04	0.9768	2.4315	0.31	0.0222
21. „	15.832	1.1367	2.05	0.3997	9.589	2.25	0.0631	3.34 110 20	0.0406	1.0584	—	—	—

1) Conf. Anmerkung 1; analytische Belege zu Tabelle I.
2) Conf. Anmerkung 2; analytische Belege zu Tabelle I.
3) Conf. Anmerkung 3: analytische Belege zu Tabelle I.

Analytische Belege zu Tebelle III. (Versuch mit Glycocoll.)

Datum	Koth[1]) im Ganzen	Zu N-Bestimmung	Cc.[2]) Normal SO_3 neutralisirt	N im Ganzen	Zu NH_3 genommen	Cc.[2]) Normal SO_3 neutralisirt	NH_3 im Ganzen	Zu[3]) Ū genommen	Ū gefunden	Ū im Ganzen	Zu N in Alkohol löslich	Cc.[2]) Normal SO_3 neutralisirt	N in Alkohol löslich
			Grm.		Grm.								Grm,
20. Juni	13.425	1.3003	3.95	0.5709	6.493	2.5	0.0878	3.897 120 36	0.1229	1.4124	—	—	—
21. „	9.1695	0.762	3.3	0.5559	4.446	2.74	0.0959	3.0704 120 20	0.0772	1.3833	—	—	—
22. „	14.442	1.008	2.8	0.5616	7.8915	2.6	0.0809	3.844 120 30	0.0916	1.3762	3.844	0.67	0.0352
23. „	17.021	1.156	2.72	0.5607	10.24	3.0	0.0847	4.02 100 20	0.066	1.3972	—	—	—
24. „	20.92	1.491	3.885	0.7631	9.598	2.79	0.1033	6.570 100 20	0.1257	2.0012	—	—	—
25. „	12.6675	1.09	3.9	0.6345	5.7035	2.2	0.083	4.6175 100 25	0.118	1.6186	4.6175	0.81	0.0391
26. „	10.826	1.026	5.8	0.8558	4.93	2.665	0.0995	3.766 100 25	0.1974	2.2698	3.766	1.3	0.0523
27. „	20.011	2.022	4.76	0.6595	12.05	3.115	0.0879	5.22 100 25	0.1092	1.6745	—	—	—
28. „	15.333	1.02	2.64	0.5556	9.85	3.02	0.0799	3.765 100 25	0.0838	1.3651	—	—	—
29. „	20.01	1.322	2.5	0.5731	12.68	3.3	0.0883	3.692 100 25	0.0651	1.4113	3.692	0.48	0.0364
30. „	14.122	1.355	3.865	0.5639	8.789	3.48	0.09505	3.563 100 20	0.0703	1.3932	—	—	—

1) Conf. Anmerk. 1; analyt. Belege zu Tab. 1. 2) Conf. Anmerk. 2; analyt. Belege zu Tab. I. 3) Conf. Anmerk. 3; analyt. Belege zu Tab. I.

Analytische Belege zu Tabelle IV. (Versuch mit Leucin.)

Datum	Koth[1]) im Ganzen	Zu Trockensubstanzbestimmung	Trockensubstanz gefunden	Trockensubstanz im Ganzen	Zu N-Bestimmung	Cc.[2]) Normal SO_3 neutralisirt	N im Ganzen	Zu NH_3 Grm. u. Cc.	Cc.[3]) $^1/_{10}$ Normal SO_3 neutralisirt	NH_3 im Ganzen	Zu[4]) $\bar{U}$ Grm. u. Cc.	$\bar{U}$ gefunden	$\bar{U}$ im Ganzen
19. Januar	22.34	0.902	0.2301	5.7	1.201	1.85	0.4817	7.04 100 20	3.4	0.0917	6.233 130 20	0.0425	0.9901
20. „	22.7245	—	—	—	2.0202	3.05	0.4803	5.1475 155 30	2.4	0.0930	8.345 130 15	0.0449	1.0595
21. „	25.3095	1.227	0.273	5.63	1.649	2.3	0.4942	6.511 100 20	2.95	0.0974	8.93 130 15	0.041	1.007
22. „	21.6105	—	—	—	1.4685	2.35	0.4841	5.49 100 20	2.7	0.0885	9.0895 130 15	0.05	1.0302
23. „	30.845	1.0011	0.1901	5.857	1.5945	1.8	0.4874	6.8295 100 20	2.75	0.1055	11.7585 130 15	0.043	0.9776
24. „	28.3645	1.603	0.382	6.7770	2.541	4.6	0.7188	5.9375 100 20	3.2	0.1299	7.3625 130 15	0.0487	1.6282
25. „	25.1375	0.9845	0.2475	6.3306	1.9056	2.7	0.4986	7.205 100 20	3.5	0.1037	10.102 130 15	0.0466	1.0049
26. „	26.4	1.22	0.26	5.626	2.5678	3.35	0.4822	8.638 170 30	3.25	0.0956	10.978 130 13	0.04	0.962
27. „	30.001	—	—	—	2.222	2.55	0.482	8.304 100 20	3.0	0.0921	8.105 130 13	0.0264	0.9772

1) Conf. Anmerkung 1; analytische Belege zu Tabelle I.
2) Conf. Anmerkung 2; analytische Belege zu Tabelle I.
3) Titrirt wurde die $^1/_{10}$ Normal SO_3 mit $^1/_{20}$ Normal Natronlauge, so dass also 6.8 Cc. Natronlauge nach der Ammoniak-Absorption weniger verbraucht wurden. Bei diesem Versuch wurde nämlich, wie bei allen späteren Versuchen die zur Ammoniak-Bestimmung abgewogene Substanz mit 10 Cc. Normal SO_3 und Wasser erhitzt, durch Leinwand filtrirt, das Filtrat auf ein bestimmtes Volumen gebracht und von der nochmals durch Papier filtrirten Lösung ein abgemessenes Volumen zur NH_3-Bestimmung mit Kalkmilch versetzt; daher die 3 Zahlen in der vorhergehenden Spalte.
4) Conf. Anmerkung 3; analytische Belege zu Tabelle I.

Analytische Belege zu Tabelle V.

Datum	Koth im Ganzen	Zu NH_3 im festen Theile	Cc. $^1/_{10}$ Normal SO_3 neutralisirt	NH_3 im festen Theile	Zu NH_3 im flüssigen Theile	Cc. $^1/_{10}$ Normal SO_3 neutralisirt	NH_3 im flüssigen Theile	Zu NH_3 im Ganzen	Cc. $^1/_{10}$ Normal SO_3 neutralisirt	NH_3 im Ganzen in 24 Stunden
1. April	28 Grm.	—	—	—	—	—	—	28 Grm. 200 Cc. 10 „	2.7	0.0918
2. „	26 „	—	—	—	—	—	—	26 Grm. 200 Cc. 10 „	2.675	0.0909
3. „	29 „	—	—	—	—	—	—	29 Grm. 200 Cc. 10 „	2.725	0.0926
4. „	27 „	100 Cc.[1]) 10 „	2.1 [2])	0.0357	100 Cc.[3]) 10 „	3.45 [2])	0.05865	—	—	0.0943
5. „	30 „	100 „ 10 „	2.05	0.03485	100 „ 10 „	3.4	0.0578	—	—	0.0926
6. „	31 „	100 „ 10 „	2.35	0.03995	100 „ 10 „	3.1	0.0527	—	—	0.09265
7. „	28 „	100 „ 10 „	2.5	0.0425	100 „ 10 „	3.0	0.051	—	—	0.0935
8. „	27 „	100 „ 10 „	2.2	0.0374	100 „ 10 „	2.95	0.05015	—	—	0.08755
9. „	29 „	100 „ 10 „	2.65	0.04505	100 „ 10 „	2.6	0.0442	—	—	0.08925
10. „	30 „	100 „ 10 „	2.1	0.0357	100 „ 10 „	3.25	0.05525	—	—	0.09095

1) Der feste Theil des Kothes, welcher, wie schon erwähnt, ohne Zuthun von Wasser von dem flüssigen Theil getrennt war, wurde mit 10 Cc. Normal SO_3 und Wasser erhitzt, filtrirt, auf 100 Cc. gebracht und von der nochmals filtrirten Lösung 10 Cc. zur Ammoniak-Bestimmung genommen.

2) Conf. Anmerkung 3; analytische Belege zu Tabelle IV.

3) Der flüssige Theil wurde ebenfalls mit 10 Cc. SO_3 erhitzt, auf 100 Cc. gebracht, 10 Cc. davon zur Ammoniak-Bestimmung genommen.

Analytische Belege zu Tabelle VI. (Salmiak-Versuch.)

Datum	Koth im Ganzen	Zu N-Bestimmung	Cc. Normal SO_3 neutralisirt	N im Ganzen	Zu NH_3	Cc. $^1/_{10}$ Normal SO_3 neutralisirt	NH_3 im Ganzen	Zu $\bar{U}$ Grm. und Cc.	$\bar{U}$ gefunden	$\bar{U}$ im Ganzen	Lösung[1] zu U u. N in Alkohol löslich	Zu $\bar{U}$ davon Cc.	$BaOSO_3$ gefunden	$\bar{U}$ im Ganzen	Von Alkohol-Lösung zu N Cc.	Cc. Normal SO_3 neutralisirt	N in Alkohol löslich
19. Jan.	22.5995	1.6	3.55	0.7019	5.687 100 20	3.55	0.1199	13.02 130 15	0.0585	0.880	—	—	—	—	—	—	—
20. „	23.9085	1.749	3.3	0.6309	5.57 100 20	3.05	0.1113	11.12 130 15	0.0521	0.9707	11.12 Gr. 100 Cc.	—	—	—	100 Cc.	1.2	0.0361
21. „	29.0335	2.053	3.4	0.67131	9.138 100 20	4.2	0.1134	13.965 170 17	0.0485	1.0084	13.965 100	13.965[2] 100 20 10	0.0106	0.0113	—	—	—
22. „	23.8245	1.647	3.35	0.6784	6.995 100 20	3.85	0.1114	13.423 130 15	0.0563	0.8661	13.423 100	13.423 100 21 10	0.018	0.0172	—	—	—
23. „	24.001	2.01	4.05	0.6770	8.32 100 20	4.4	0.1079	11.220 130 13	0.0436	0.9326	11.22 90	45 Cc. 20 „ 10 „	0.0063	0.01388	45 „	0.65	0.0389
24. „	30.405	2.0201	4.95	1.043	7.5315 100 20	6.95	0.2385	14.7975 130 15	0.0965	1.7183	14.7975 100	50 „ 20 „ 10 „	0.0227	0.04805	50 „	2.3	0.1159
25. „	34.825	2.1035	3.8	0 8808	8.087 150 20	2.7	0.1482	17.559 150 15	0.072	1.4849	17.559 100	50 „ 20 „ 10 „	0.0303	0.0619	50 „	1.95	0.1083
26. „	26.4785	2.2615	4.95	0.8113	7.866 100 20	4.4	0.1259	13.868 130 13	0.0616	1.1761	13.868 100	50 „ 20 „ 10 „	0.0103	0.02025	50 „	0.9	0.0481
27. „	24.01	1.0802	2.2	0.6846	9.552 100 20	5.15	0.110	12.023 130 13	0.047	0.9385	12.023 100	50 „ 20 „ 10 „	0.0068	0.014	50 „	0.65	0.0364
28. „	20.0241	1.145	2.75	0.6733	10.021 100 20	6.8	0.1155	7.235 130 13	0.0334	0.9244	7.2350 100	100 „ 30 „ 15 „	0.0089	0.0127	—	—	—
29. „	23.113	2.306	4.85	0.6805	9.357 100 20	5.4	0.1133	8.325 100 10	0.0326	0.9051	—	—	—	—	—	—	—

1) Harnstoff und in Alkohol löslicher Stickstoff wurden in der alkoholischen Lösung der zur Harnsäurebestimmung abgewogenen Substanz bestimmt; wo beides bestimmt wurde, theilte ich die alkoholische Lösung in zwei gleiche Theile.

2) Die alkoholische Kothlösung wurde zur Trockene verdampft und nach der Eingangs angegebenen Methode weiter behandelt; die wässerige Lösung nach Zusatz von Chlor-Barium auf ein bestimmtes Volumen gebracht (20—30 Cc.) und davon ein Theil (10—15 Cc.) zur Harnstoffbestimmung ins Glasrohr eingeschlossen.

Analytische Belege zu Tabelle VII. (Salmiak-Versuch. Ente.)

Datum	Koth im Ganzen	Zu N-Bestimmung	Cc. Normal SO_3 neutralisirt	N im Ganzen	Zu NH_3 Grm. und Cc.	Cc. $^1/_{10}$ Normal SO_3 neutralisirt	NH_3 im Ganzen	Zu $\bar{U}$ Grm. und Cc.	$\bar{U}$ gefunden	$\bar{U}$ im Ganzen	$\overset{+}{U}$ Grm. und Cc.	$BaOSO_3$ gefunden	$\overset{+}{U}$ im Ganzen
17. October	55.87	2.13	3.0	1.1017	18.108 100 20	8.55	0.2242	9.1645 150 15	0.0308	1.8777	—	—	—
18. „	73.33	2.5505	2.7	1.0868	19.221 100 20	6.8	0.2205	15.36 150 15	0.0378	1.8046	15.36 20 10	0.0184	0.0452
19. „	70.45	3.011	3.35	1.0973	18.113 100 20	6.65	0.2198	14.243 150 15	0.0374	1.8499	14.243 30 15	0.02	0.0509
20. „	45.21	1.5945	2.9	1.1511	14.623 100 20	8.7	0.2286	12.35 150 15	0.0519	1.8999	12.35 30 15	0.032	0.0603
21. „	70.11	1.2205	1.6	1.2867	16.0053 100 20	8.6	0.3192	15.8325 150 15	0.0441	1.9528	15.8325 30 15	0.0447	0.1019
22. „	50.66	1.69	2.6	1.0911	15.114 120 20	8.8	0.3009	11.1501 150 15	0.0401	1.8219	11.1501 30 15	0.0211	0.0493
23. „	58.53	1.752	2.35	1.0991	16.2222 120 20	6.95	0.2557	16.325 160 16	0.0504	1.807	16.325 30 15	0.0292	0.054
24. „	40.565	1.3352	2.5	1.0633	8.1619 100 20	5.1	0.2155	9.3822 140 14	0.042	1.8159	9.3822 30 15	0.0216	0.0481
25. „	58.723	1.6004	2.1	1.0787	15.0257 120 20	5.5	0.2192	12.1235 160 16	0.0363	1.7583	—	—	—

Analytische Belege zu Tabelle VIII. (Salmiak-Versuch.)

Datum	Koth im Ganzen Grm.	Zu N-Bestimmung	Cc. Normal SO_3 neutralisirt	N im Ganzen	Zur NH_3-Bestimmung Grm. u. Cc.	Entsprechen NaO Cc.[1]	Zu $\bar{U}$ Grm. u. Cc.	$\bar{U}$ gefunden	$\bar{U}$ im Ganzen	Zu $\overset{+}{U}$ Grm. u. Cc.	$BaOSO_3$ gefunden	Zu Cl-Bestimmung Grm.	AgCl gefunden Grm.	Cl im Ganzen	NH_3 im Ganzen	$\overset{+}{U}$ im Ganzen
22. August	45	—	—	—	45 240 10	5.3	—	—	—	—	—	—	—	—	0.12144	—
23. „	58	—	—	—	58 240 10	5.6	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1284	—
24. „	43	—	—	—	43 240 10	5.5	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1260	—
25. „	54	—	—	—	54 240 10	5.6	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1284	—
26. „	16.333	1.01	3.45	0.7810	5.973 100 10	4.7	5.437 100 10	0.0383	1.1505	—	—	—	—	—	0.123	—
27. „	17.9652	1.4911	4.65	0.7843	4.3050 100 10	3.0	5.0701 100 10	0.033	1.1693	—	—	2.1132	0.0118	0.0237	0.1193	—
28. „	15.777	1.4132	4.95	0.7737	5.3224 100 10	4.4	4.5962 100 10	0.0332	1.14	4.5962 20 10	0.0145	2.4277	0.0136	0.0218	0.1245	0.0256
29. „	20.634	1.1393	3.25	0.824	5.192 100 10	4.6	5.096 100 10	0.0295	1.1944	5.096 20 10	0.0143	4.161	0.1014	0.1243	0.1723	0.0298
30. „	17.3032	1.391	4.6	0.8011	4.7402 100 10	4.5	5.116 100 10	0.0328	1.1093	5.116 30 15	0.0152	3.24	0.0676	0.0893	0.1571	0.0264
31. „	17.9392	1.2011	3.7	0.7736	5.1759 100 10	3.8	5.8141 80 8	0.0373	1.1508	—	—	3.0623	0.0186	0.0269	0.1258	—
1. Sept.	15.308	1.18	4.3	0.7807	5.3841 100 10	4.6	—	—	—	—	—	3.061	0.0197	0.0243	0.1247	—
2. „	49	—	—	—	49 240 10	5.4	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1237	—
3. „	50	—	—	—	50 240 10	5.3	—	—	—	—	—	—	—	—	0.12144	—

1) 10 Cc. Normal SO_3 entsprechen 17.8 Cc. NaO.

Analytische Belege zu Tabelle IX. (Versuch mit schwefelsaurem Ammoniak.)

Datum	Koth im Ganzen Grm.	Zu N-Bestimmung	Cc. 1/10 Normal SO_3 neutralisirt	N im Ganzen	Zu NH_3 Grm. u. Cc.	Cc. 1/10 Normal SO_3 neutralisirt	NH_3 im Ganzen	Zu $\bar{U}$ Grm. u. Cc.	$\bar{U}$ gefunden	U im Ganzen	Zu NH_3 in Alkohol löslich	Cc. 1/10 Normal SO_3 neutralisirt	NH_3 in Alkohol löslich in 24 Stunden
1. April	29	—	—	—	29 240 10	2.8	0.1142	—	—	—	—	—	—
2. "	30	—	—	—	30 240 10	2.75	0.1122	—	—	—	—	—	—
3. "	17.7830	1.08	3.35	0.7722	13.7745 100 10	4.5	0.0987	1.755 40 10	0.0349	1.4145	1.755	0.7	0.01205
4. "	16.8603	1.183	3.8	0.7582	10.6822 100 10	3.7	0.0992	—	—	—	—	—	—
5. "	17.4255	0.963	3.025	0.7747	11.768 100 10	3.9	0.09817	2.849 100 20	0.0483	1.4423	2.849	1.35	0.01404
6. "	16.9165	1.165	3.75	0.7623	5.6855 100 10	1.975	0.0999	4.1923 100 10	0.0371	1.4975	4.1923	2.05	0.01406
7. "	14.48	1.005	4.8	0.9682	2.8594 100 10	2.6	0.2238	3.393 100 10	0.0381	1.6302	3.393	5.6	0.0406
8. "	14.1065	1.101	4.4	0.7892	5.49 120 10	3.2	0.1677	2.8203 100 10	0.0305	1.5255	2.8203	2.1	0.0178
9. "	15.1345	1.028	3.65	0.7523	4.753 100 10	2.4	0.1229	3.518 100 10	0.0337	1.45	3.518	1.95	0.0142
10. "	11.093	0.941	4.55	0.7509	2.8787 100 10	1.5	0.0982	6.0881 100 10	0.0802	1.4613	6.0881	4.5	0.01394
11. "	15.9735	1.2060	4.1	0.7602	5.3236 100 10	2.05	0.1045	4.0571 100 10	0.0365	1.4370	—	—	—

Histiologische und physiologische Studien.

Von

G. Valentin.

Sechszehnte Abtheilung.

XXXIV. Einige Beobachtungen über die Wirkungen des Viperngiftes.

Die über das Scorpiongift angestellten Untersuchungen[1]) machten es mir wünschenswerth, Erfahrungen über die Folgen des Viperbisses zu gewinnen. Die freundliche Vermittelung des Herrn Professor Moleschott bewirkte es, dass mir Herr Professor Michele Lessona in Turin zwanzig lebende Vipern als Geschenk zuzusenden die Güte hatte. Ich muss jenen beiden Naturforschern um so dankbarer sein, als mich, wie man sehen wird, nur eine so grosse Anzahl von Thieren in den Stand setzte, die Untersuchungen durchzuführen.

Obgleich die Schlangen 4½ Tage in grosser Sommerhitze von Turin bis Bern in einem mit Oeffnungen versehenen Blechkasten auf dem Wege waren, so kamen sie doch lebend und scheinbar munter an. Nur zwei, eine grössere und eine kleinere, starben zwei Tage später aus mir unbekannt gebliebenen Gründen. Sie dienten aber auch noch zur tödtlichen Vergiftung zweier Frösche nach einem bald zu erläuternden Verfahren.

Alle Vipern gehörten theils zu den grauen und theils zu den sogenannten rothen. Sie bildeten verschiedene Spielarten der Redi'schen Viper, der Vipera asper von Linné oder der Echidna

---

1) Diese Zeitschrift. Bd. XII. 1876. 8. S. 170—179.

aspis von Risso.[1]) Einzelne hatten scharf ausgesprochene schwarze quere oder schiefe Bänder. Zu diesen gehörte eine grössere, die leicht in Aufregung gerieth, dann oft laut fauchte und zum Beissen immer bereit war, wenn auch in späterer Zeit die blutigen Verletzungen und der längere Aufenthalt der Giftzähne unter der Haut der Frösche diese nicht im Geringsten erkranken liess, geschweige denn tödtete. Man konnte zugleich sehen, wie das Thier wohl zu unterscheiden wusste, welcher Gegenstand es mehr und welcher es weniger in Zorn versetzt hatte. Ich brachte einen an einem Faden angebundenen Frosch auf den Kopf der Schlange und reizte den Körper derselben, indem ich über ihn mit einer an einer längeren Stange befestigten Bürste längs der Haut dahin fuhr. Mochte ich auch gleichzeitig den Frosch emporheben und niederfallen lassen, so biss doch meist die Schlange die entferntere Bürste.

Neben diesem scharf gebänderten Thiere fanden sich noch ähnliche grössere und kleinere, die sich unter den gleichen Verhältnissen eben so passiv oder sogar apathischer verhielten, wie diejenigen, welche weniger ausgesprochene Zeichnungen oder nur unregelmässig vertheilte dunkle Flecke besassen.

1. Obgleich ich die meisten Versuche im Laufe des Junius, des Julius und des Augustus und zwar in der Regel bei Luftwärmen, die zwischen 17° und 25° C. lagen, anstellte, so konnte ich doch keine der Vipern, mit Ausnahme der einen, oben genannten, sei es von selbst oder nach der Anwendung verschiedener Arten äusserer Reizung zum Beissen bringen. Ich liess zunächst Frösche mehrere Wochen in dem Blechkasten, in dem sich die Schlangen befanden. Sie sprangen oft genug auf die Köpfe oder andere Körpertheile der Vipern oder zwischen ihnen hin und her, ohne dass sie je gebissen wurden.[2]) Dasselbe wiederholte sich, wenn ich eine oder zwei Schlangen in einem engen Glase zusammengesperrt hatte. Ich brachte keine der 19 anderen Vipern dadurch zum Beissen, dass ich den an einem Faden angebundenen Frosch auf deren Kopf oder den übrigen Körper derselben niederfallen liess, um sie zu reizen,

1) Victor Fatio, Fauna des Vertebris de la Suisse. vol. III. Histoire naturelle des Reptiles et des Batraciens. Genève et Bâle. 1872. 8. pag. 220.

2) Zwei Exemplare von Crotalus Durissus zeigten das Gleiche.

und der Frosch zuletzt betäubt und regungslos erschien oder sogar während dieser Misshandlungen gestorben war. Selbst diejenige Viper, die stets zum Stechen bereit war, benahm sich in diesen Versuchen im höchsten Grade feig. Sie wich bisweilen, wie die übrigen fast immer, dem Frosche aus. Alle liessen es sich gefallen, wenn er die längste Zeit auf ihrem Kopfe oder dem übrigen Körper ruhig sitzen blieb, auf ihnen herumsprang oder sie sonst belästigte.[1]) Eben so konnte ein Kaninchen viele Stunden lang in dem Vipernkasten ohne Nachtheil verweilen, selbst wenn es hin und wieder auf die Schlangen trat oder sie sonst belästigte.

Eine Reihe anderer Mittel führte eben so wenig zum Ziele. Ich liess den Blechkasten, in dem sich die Schlangen befanden, Stunden lang in der Morgen- oder Mittagssonne stehen, so dass sich die Luft, welche die Vipern umgab, bis auf 27° und selbst 35° C. erwärmte, ohne dass desshalb die Thiere zum Beissen irgend wie geneigter wurden. Die Schlangen wichen dabei den heissen sonnigen Stellen aus und suchten schattige Orte des Kastens auf. Es nützte eben so wenig, dass ich den Blechkasten auf ein Holzgestell brachte, das von einer grossen Menge Wassers von 50° bis 70° C. umgeben war. Eine Schlange ging dabei durch die grosse Hitze zu Grunde. Die anderen, mit Ausnahme der einen, machten nicht die geringsten Anstalten, die sie belästigenden Frösche zu beissen. Die mechanische Reizung der Haut mit der oben erwähnten Bürste, sie mochte in der Richtung der Schuppenlagerung oder entgegengesetzt hingeführt werden, und das gleichzeitige Zusammendrücken des hinter dem Kopfe liegenden Theiles des Körpers halfen eben so wenig.

Ich befestigte die eine Elektrode der Inductionsrolle eines kräftigen Magnetelektromotors in zwei Löchern des Blechkastens so, dass eine unverrückbare Metallberührung hergestellt war, und liess das Ende der zweiten Elektrode frei oder überzog es mit einer Kugel durchfeuchteten Filtrirpapieres oder mit einem nassen Schwamme. Ein Schliesser war in dem Verlaufe des einen Leitungs-

1) Vergl. F. K. Knauer, Beobachtungen an Reptilien und Amphibien in der Gefangenschaft. Wien 1875. 8. S. 21—26.

drathes der inducirenden Rolle eingeschaltet. Man konnte daher das Spiel des Hammerwerks zu einer beliebigen Zeit beginnen lassen. Arbeitete es und berührte ich einen auf dem metallischen Boden des Kastens sitzenden Frosch mit der zweiten Elektrode der Inductionsrolle, so verfiel er sogleich in heftigen Starrkrampf. Die Schlangen beantworteten die gleiche Reizungsart entweder gar nicht oder höchstens mit schwachen welligten Körperbewegungen, wenn man den nassen Schwamm an die stark isolirenden Körperschuppen angelegt hatte. Wurde er an den Kopf gedrückt, so fiel die Wirkung etwas kräftiger aus. Allein zu einem vollständigen Starrkrampfe kam es auch dann nicht. Die elektrisch gereizten Vipern wichen dem an einem Faden gebundenen Frosche, mit dem man sie belästigte, aus und bissen ihn nicht, er mochte sich auf oder neben ihnen befinden.

Da die Schlangen lebhafte Bewegungen am Anfange des Aetherisirens machen, so prüfte ich noch, ob sie nicht dann vielleicht zum Beissen zu bringen seien. Allein auch hier erhielt ich nur eine verneinende Antwort, ich mochte einen mit Aether durchtränkten Schwamm in den Blechkasten geworfen oder eine in ein kleines Glas gebrachte Viper einzeln ätherisirt haben.

Ich benutzte unter diesen Verhältnissen im Anfange die stets zum Stechen bereite Viper zur Vergiftung von Fröschen. Wollte sie nicht sogleich beissen, so konnte man sie anregen, indem man ihren Körper mit einer Bürste rieb, sie an einem Faden zog oder mit einem Wasserstrahle begoss. Es ereignete sich aber bald, dass ihre Stiche unschädlich blieben, wenn selbst die Zähne längere Zeit unter der Haut des Frosches verweilt hatten. Liess ich auch die Schlange eine Reihe von Tagen und das eine Mal beinahe zwei Wochen in Ruhe, so änderte sich desshalb die Erscheinung nicht. Da die Vipern in der Gefangenschaft Nichts assen, so stockte vielleicht auch desshalb die Absonderung eines wirksamen Giftes.

Ich ätherisirte eine der Schlangen bis zur vollständigen Betäubung und nahm ihr Gift in kleinen viereckigen Stückchen schwedischen Filtrirpapiers auf. Da die Viper nicht mehr aufwachte, so zog ich es später vor, das lebende Thier zu enthaupten, den Unterkiefer zu entfernen und die Flüssigkeiten von

den Papierstückchen aufsaugen zu lassen. Hat man nun auch die Drüsen so ausgedrückt, dass keine gelbe ölähnliche Giftmasse mehr hervortritt, so zeigen doch die feineren Drüsengänge noch unter dem Mikroskope einzelne kleine Oeltropfen neben den körnigen rundlichen Drüsenzellen und Körnchen, die sich von diesen losgelöst haben.

Ich wandte mich zuerst an die farblose schleimigte Masse, welche die Gaumenhaut in der Nähe der Giftzähne überzog. Brachte ich dann ein Papierquadrat von wenigen Millimetern Grundlinie unter die Rückenhaut eines Frosches, so starb er häufig nach 6 bis 20 Stunden. Es ereignete sich aber auch, dass ein grösseres oder mehrere kleinere Papierstücke wirkungslos blieben. Der Unterschied erklärt sich wahrscheinlich daraus, dass eine geringe Menge des gelben öligten Giftes mit dem Schleime der Gaumenhaut in dem ersteren Falle vermischt war, in dem zweiten hingegen fehlte. Ich machte dabei die Erfahrung, dass einzelne Papierstückchen tödteten, die mit einem, dem freien Auge vollkommen farblos erscheinenden Schleime durchtränkt waren, die vermuthlich nur eine sehr geringe Menge des öligten Giftes enthielten.

Wurden die an die Gaumenhaut gelegten Papierstückchen nicht mehr feucht, so drückte ich eine oder die beiden, nicht erst blossgelegten Giftdrüsen zusammen. Eine reichliche Menge der gelben öligten Giftflüssigkeit drang dann in der Regel selbst in Schlangen hervor, die ich früher nie zum Beissen hatte bringen können, zum Beweise, dass nicht der Mangel an Absonderungsflüssigkeit der Drüsen die Ursache der Unthätigkeit der Viper gebildet hatte. Es kam aber auch vor, dass ein noch so starker Druck keine sichtliche Spur von Gift austrieb. Waren die Schlangen schon seit einem Vierteljahre in der Gefangenschaft gewesen, ohne Nahrung zu sich zu nehmen, so liess sich nur eine sparsame Menge des Giftes gewinnen.

Fehlte die gelbe Giftflüssigkeit, oder hatte ich sie vollständig ausgedrückt, so konnte ich keine neue Absonderung dadurch hervorrufen, dass ich die stärksten Schläge des Magnetelektromotors durch eine oder die beiden Giftdrüsen treten liess, wenn sich auch noch die Muskeln des kurz vorher von dem lebenden Thiere getrennten Kopfes auf das Lebhafteste zusammenzogen.

Die mit der eingetrockneten Giftflüssigkeit durchtränkten Papiere büssen ihre Wirksamkeit nach Wochen und selbst nach 6 Monaten nicht ein. Sie liefern daher das bequemste Mittel, Versuche über Viperngift anzustellen. Eine selbst kleine Schlange gibt in günstigen Fällen Gift genug, sechs bis zwanzig Rechtecke dünnen schwedischen Filtrirpapiers von 20 bis 25 Quadratmillimeter Oberfläche zu durchtränken.

Ich stellte noch Versuche mit drei anderen Arten von Präparaten mit Erfolg an. Ich liess Köpfe von Vipern, die ich durch Enthauptung getödtet hatte, einige Monate in absolutem Weingeist liegen, entfernte hierauf Stücke der Giftdrüsen, trocknete sie bei 60° bis 90° C., um den den Fröschen schädlichen Weingeist zu entfernen, und führte dann ein solches Bruchstück unter die Rückenhaut ein. Ich trocknete ferner das Viperngift oder einen ganzen Vipernkopf bei Wärmen, die selbst 110° oder 115° C. erreichten und bewahrte die trockene Masse Monate lang in einem luftdicht verschlossenen Glase auf, ehe ich sie zu Vergiftungen benutzte.

2. Liess ich eine geringe Menge der rein gelben, ölähnlichen Flüssigkeit, die zu den Enden der Giftzähne [1]) eines noch reizbaren, frisch losgeschnittenen Kopfes in Folge eines auf die Giftdrüsen ausgeübten Druckes ausgetreten war, von einem gläsernen Haarröhrchen aufsaugen, so sah man unter dem Mikroskope, dass die frische Absonderung vollkommen gleichartig erscheint, also keine ihr eigenthümlichen Fettgebilde enthält. Bedeckt man einen kleinen Tropfen derselben rasch mit einem Deckgläschen, so pflegt sich die flüssige Masse in eine Anzahl von Tropfen zu theilen, deren ölartige Beschaffenheit sich durch die dunklen Begrenzungsränder von freilich nur mässiger Breite verräth. Die Giftmasse bindet leicht Luftblasen mechanisch. Hat man sie mit einer Messerspitze fortgenommen oder sie gar von der Gaumenhaut abgekratzt, so findet man häufig

---

1) Felix Fontana, Abhandlung über das Viperngift. Aus dem Französischen übersetzt. Berlin 1874. 4. Taf. I, Fig. 1—6 und Taf. II. Fig. 2—7. Vergl. auch die ähnliche Form von Trigonocephalus rhodostoma Reinw. bei H. Schlegel. Nova acta phys. med. Acad. Caes. Leop. Carol. Tom. XIV P. II, S. 158 Fig. IV. Beide haben schlitzförmige, spitz zulaufende Ausflussöffnungen.

in ihr Flimmerzellen, deren Haare selbst noch einige Tage nach dem Tode schwingen können, und andere fremdartige Körperchen.

Trocknet die ausgedrückte Giftflüssigkeit langsam an der Luft oder rascher bei einer Wärme von 60° bis 110° C. ein, so zeigt der Rückstand eine Sonderung in zwei verschiedene Körper. Ein Theil ist farblos bis weisslich und wird von zahlreichen Sprüngen durchzogen. Er löst sich wiederum rasch in hinzugefügtem Wasser zu einer durchsichtigen Flüssigkeit auf. Ein anderer Theil bildet eine mehr oder minder feste, gelbe Fettmasse. Hat man ein rein gelbes Gift eintrocknen lassen, so scheint die Menge des Fettes über der der wässerigen Lösung in bedeutendem Grade vorzuherrschen. Diese letztere vermehrt sich natürlich durch fremdartige Beimischungen von Seiten der Gaumenhaut und durch das starke Ausdrücken der Giftdrüsen.

Die kleinen Mengen von Flüssigkeit, die selbst im günstigsten Falle zu Gebote stehen, machen natürlich alle quantitativen Bestimmungen im höchsten Grad unsicher. Drei Proben von 9 bis 15 Milligramm gaben mir 22.2; 43.3 und 45.0 % festen Rückstandes. Es befremdete mich um so mehr, dass die erste Probe eine Eigenschwere von nur 0.92 zu liefern schien. Ich sog nämlich 9 Milligramm in einem nahezu kreiscylindrischen Haarröhrchen von einem Millimeter Lumendurchmesser auf. Die Länge zwischen den Tangentenflächen der beiden concaven Menisci betrug 12½ Millimeter. Lässt man die noch in die Beobachtungsfehler fallenden Meniscalerhebungen unbeachtet, so gibt dieser 9.84 Cubikmillimeter Rauminhalt, der mit Wasser gefüllt eben so viel Cubikmilligramm wiegen würde. Man hat daher eine Eigenschwere von $^{9}/_{9.84} = 0.92$. Da jedenfalls wässerige Lösung, wie der gespaltene Rückstand, den man unter dem Mikroskope sah, zeigte, nebenbei vorhanden war, so musste die grössere Menge von Fett das die Einheit übertreffende specifische Gewicht der wässerigen Lösung mehr als ausgeglichen haben.

Glühte ich eine Probe frischen Giftes auf einem Platinblech, so färbte sich die Masse zuerst braungelb und verwandelte sich später in eine Kohle, die sich beim ferneren Glühen stark aufblähte und rasch verschwand. Die mikroskopische Untersuchung zeigte eine äusserst geringe Menge einer weissen, wahrscheinlich von der

beigemengten wässerigen Flüssigkeit herrührenden Asche, die sich ohne merkliches Aufbrausen in Essigsäure löste.

3. Mead gab zuerst an, dass das Viperngift sauer reagirt, nahm aber später seine Behauptung, die indessen von James und in der Folge von Tacmeyer [1]) bestätigt worden, wiederum zurück. [2]) Fontana [3]) bestritt die sauere Beschaffenheit auf das Nachdrücklichste. Er glaubte, die Röthung des Lacmus, die nur ausnahmsweise vorkomme, von beigemengtem Blute herleiten zu müssen. Hatte er das Gift in dem abgeschnittenem Kopfe herausgedrückt, so färbte sich die Lacmusstinctur nie roth, wenn die Flüssigkeit vollkommen rein war. Liess Fontana [4]) die Viper in Baumwolle beissen, die von Lacmuspapier umhüllt war, so zeigte sich bisweilen eine rothe Färbung an denjenigen Stellen, welche die Giftzähne durchbohrt hatten. Allein auch hier sei vermuthlich Blut die Ursache der Erscheinung gewesen.

Meine Erfahrungen nöthigen mich, die sauere Beschaffenheit der wirksamen gelben Absonderung der Giftdrüsen zu vertheidigen.

Drückt man empfindliches Lacmuspapier gegen die farblose schleimigte Absonderung der Gaumenhaut, so pflegt keine Farbenänderung einzutreten. Gut geröthetes Lacmuspapier bleibt, wie es war, oder erhält höchstens einen schwachen Stich in das Bläuliche und zwar meist nur an einzelnen Stellen. Die reine Absonderung der Gaumenschleimhaut ist also neutral oder höchstens hier und da schwach alkalisch. Presst man dann die Giftdrüsen zusammen und fliesst in Folge dessen eine reichliche Menge des gelben Oeles aus, so röthet dieses das blaue Lacmuspapier ausnahmslos und mit grossem Nachdrucke. Das Ganze trocknet nach einiger Zeit ein und gibt einen rothen, auffallend glänzenden Fleck, so wie die Menge des anhaftenden Giftes irgend bedeutend war. Er erhält sich Wochen und Monate lang und lässt sich nicht mit dem Finger abwischen. Das Gleiche wiederholt sich bei dem Gifte des afrikanischen Scorpions (Butus occitanus), das auch Oeltropfen unter dem Mikroskope zeigt.

1) Fontana a. a. O. S. 273.
2) Fontana S. 251 und 135.
3) Fontana S. 137.
4) Fontana S. 437.

Es kommt vor, dass die Absonderung der Gaumenschleimhaut das Lacmuspapier im Ganzen schwach röthet oder einzelne meist stärkere rothe Punkte oder Flecke erzeugt. Die Ursache dieser Erscheinung liegt vermuthlich darin, dass geringe Mengen des Giftöles dem Schleim beigemengt waren.

Papierstückchen, die mit diesem Letzteren bestrichen waren, tödteten häufig Frösche nicht bloss, wenn man eine schwach sauere Reaction an einzelnen Orten bemerkte, sondern auch, wenn die genannte Masse alkalisch zu sein schien. Die Frösche blieben jedoch häufig in dem zweiten Falle am Leben.

Wir werden später sehen, dass Thiere, die lange gehungert haben, eine Flüssigkeit bei dem Ausdrücken der Giftdrüsen liefern, die gar nicht oder nur unbedeutend wirkt. Sie röthet dann auch empfindliches Lacmuspapier beinahe nicht.

4. Der Austritt von Blut z. B. an dem Ober- oder Unterkiefer bezeichnet bisweilen die Stelle, an welcher der Frosch gebissen worden. Hat aber die Viper den Rumpf oder ein Bein gestochen, so pflegt sich die Verletzungsstelle durch kein besonderes Merkmal auszuzeichnen, so dass man sie in der Regel gar nicht oder nur mit Mühe wieder findet. Fontana[1]) gibt an, dass die Beine einzelner Frösche an den Bissstellen anschwollen und ein wenig bläulich wurden. Erscheinungen der Art sind mir hier nicht vorgekommen. Sie können sich dagegen an Kaninchen zeigen.

5. Einzelne Frösche, die von der früher erwähnten Viper an zwei bis drei Stellen des Kopfes blutig gebissen worden, blieben am Leben, während andere, die nur ein Mal an dem Rumpfe oder den Beinen in später unkenntlicher Weise gestochen waren, zu Grunde gingen.

6. Hatte die Viper im Anfange ihr Gift häufig entleert, so trat ein Zielpunkt ein, in welcher ihr Biss wirkungslos wurde. Ein und derselbe Frosch konnte sechs oder acht Mal oder noch öfter gestochen werden, ohne dass wesentliche Folgeerscheinungen eintraten. Das Thier wurde höchstens auffallend ruhig, zeigte starke Bauchathmung und sprang mit ungewöhnlicher Lebhaftigkeit fort, so wie

1) Fontana a. a. O. S. 86.

man es berührte. Diese letztere Erscheinung erhielt sich länger, als die Bauchathmung.

Die Giftwirkung der Viper nahm in der ersten Zeit wiederum zu, wenn man ihr einige Tage Ruhe gönnte. Diese Erholungswirkung verlor sich aber später. Die Schlange biss dann ohne allen Erfolg, während mehr als sechs Wochen. Als zuletzt Ende August und Anfangs September Regen und kühleres Wetter eintraten, wurde sie so träge, dass sie nach allen Reizungen weder fauchte, noch zu stechen versuchte.

7. Ich bediente mich des Aufsaugungsverfahrens, um wo möglich die kleinte Gabe des Viperngiftes, die einen frisch eingefangenen und lebhaften Frosch tödtet, kennen zu lernen.

Ein dünnes und möglichst gleichförmiges Rechteck schwedischen Filtrirpapieres von 2.0 Centimeter Grundlinie und 1.3 Centimeter Höhe, also von 2.6 Quadratcentimeter Oberfläche wurde, so sehr es anging, vollständig und gleichförmig mit dem reinen gelben Giftöle durchtränkt, das durch Druck auf die Giftdrüsen einer Viper austrat, die kurz vorher, als sie sich auch noch sehr lebhaft bewegte, enthauptet worden. Die Muskeln besassen noch einen sehr hohen Grad von Reizbarkeit, als das Gift entnommen wurde. Das Papierstück wog 0.04 Grm. vor und 0.015 Grm. nach der Durchfeuchtung mit der Giftflüssigkeit. Es hatte also 0.011 Grm. von dieser aufgenommen. Ich brachte dann ein aus diesem Papiere geschnittenes Rechteck von 0.4 Centimeter Grundlinie und 0.22 Centimeter Höhe unter die Rückenhaut eines mittelgrossen, frisch eingefangenen Frosches. Da die Oberfläche des Rechteckes 0.088 Quadratcentimeter betrug, so enthielt es $\frac{0.011 \times 0.88}{2.6} = 0.00037$ Grm. oder $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{5}$ Milligramm der Giftflüssigkeit. Diese Gabe erzeugte die bald zu schildernden schwachen und lange anhaltenden Vergiftungszeichen. Das Thier starb erst nach dreizehn Tagen. Rechtecke, die einen halben bis einen ganzen Milligramm des Giftes enthielten, unter die Rückenhaut gebracht, tödteten die Frösche in 8 bis 20 Stunden. Es ereignete sich in günstigen Fällen, dass ein solches Blättchen, noch einmal unter die Rückenhaut eines zweiten Frosches eingeführt, auch diesen zu Grunde richtete.

8. Die langsame Vergiftung, wie sie durch ein Drittheil Milligramm des Oeles herbeigeführt werden kann, verräth sich zuerst dadurch, dass das ruhig sitzende Thier mit den Bauchdecken, und oft auch mit der Kehle lebhaft athmet, und mit auffallender Hastigkeit, so wie es berührt oder mechanisch gereizt wird, fortspringt. Es kommt auch vor, dass es von selbst in dem Glase, in dem man es aufbewahrt hat, in hohem Grade unruhig wird. Eine geringe krampfhafte Streckung der Hinterbeine folgt später jedem Sprunge nach. Die Bewegungen leiden im Laufe der Zeit noch mehr. Das auf den Rücken gelegte Thier kann sich nur mit Mühe oder gar nicht herumdrehen. Seine Sprünge werden immer ungeschickter. Der Frosch fällt dabei nicht selten auf den Rücken oder hält die Beine eine kurze Zeit starrkrampfartig gestreckt. Man begegnet dann auch einer eigenthümlichen Reflexwirkung. Drückt man eine Hinterzehe zusammen, so erhält man nur schwache Bewegungen. Wiederholt man dagegen das Gleiche an einer Vorderzehe, so beugen und strecken sich abwechselnd die Hinterbeine mit grosser Lebhaftigkeit.

9. Die rascher tödtenden Vergiftungen beginnen mit ähnlichen Erscheinungen, wie die langsamer wirkenden. Der Frosch lässt im Augenblicke des kräftigen Bisses bisweilen einen Stimmton hören, springt fort oder macht wenigstens eine lebhafte Gegenbewegung. Man bemerkt häufig, dass er unmittelbar darauf wie betäubt daliegt. Berührt man ihn aber, so springt er oft mit ungewöhnlicher Lebhaftigkeit weit fort. Er bewegt bei dem Athmen die Bauchdecken und lässt die Kehle und die Umgebungen der Nasenlöcher lebhaft spielen. Diese nachdrückliche Athmungsthätigkeit setzt sich häufig Stunden lang ununterbrochen oder mit Einschaltung ruhigerer Zeiten fort. Mehr als hundert Kehlbewegungen können dann in der Minute auftreten. Man bemerkt in seltenen Fällen, dass sich die Kehlmuskeln nicht auf ein Mal, sondern in zwei Abtheilungen, einer vorderen und einer hinteren, nach einander zusammenziehen.

Während sich in der Folge die Lähmungserscheinungen immer nachdrücklicher geltend machen, verräth sich zugleich im Anfange eine merkliche Erhöhung der Reflexempfänglichkeit. Das Thier liegt meist regungslos da und macht höchstens schwache Willkührbewegungen nach grösseren Ruhepausen. Berührt man zu dieser

Zeit die Hornhaut, so wird das untere Augenlid emporgehoben. Allgemeine Bewegungen des Körpers folgen jedoch nicht nach. Streicht man dagegen die Rückenhaut mit dem Messerrücken oder einem Pinsel, oder drückt man eine Hinterzehe mit der Pincette zusammen, so springt das Thier in einem weiten Satze fort und zieht dann, niedergefallen, eines oder beide Hinterbeine an den Unterleib. Gelangt es dabei auf den Boden, so dass das eine Vorderbein unter dem Unterleibe zu liegen kommt, so ändert es daran nichts, so lange es ruhig liegen bleibt. Ein erneuter Zehendruck führt wiederum zu einem Sprunge, und das Vorderbein nimmt dann die gewöhnliche natürlichere Lage ein.

Schreitet die Lähmung weiter fort, so bleibt die Berührung der Hornhaut wirkungslos. Eines oder beide Vorderbeine versagen ihren Dienst, wenn die zwei Hinterbeine noch willkührlich beweglich blieben. Der Frosch springt nicht mehr, sondern kriecht nur noch von selbst oder in Folge äusserer Reizungen. Man bemerkt oft die schon oben erwähnte Eigenthümlichkeit, dass ein auf eine Hinterzehe ausgeübter Druck gar keine oder nur schwache Reflexwirkungen, die gleiche Erregung einer Vorderzehe aber lebhafte und wiederholte Bewegungen beider Hinterbeine zur Folge hat.

Der weitere Verlauf führt nicht selten zu halbseitigen Lähmungserscheinungen. Es kommt z. B. vor, dass die Muskeln des rechten Hinterbeines oder dieses und des rechten Vorderbeines keine Spur von Zusammenziehung mehr darbieten, die derselben Theile der linken Seite dagegen sich noch willkührlich oder reflectorisch kraftvoll verkürzen. Frösche, die schon in hohem Grade gelähmt sind, können nur noch einzelne Muskeln z. B. des Oberschenkels willkührlich gebrauchen, wenn sie das ganze Glied bewegen zu wollen scheinen. Das Flimmern gesonderter Muskelbündel kann in diesem Falle oder schon als Nachwirkung der Zusammenziehungen, die den Sprung oder andere lebhafte Bewegungen erzeugten, auftreten. Es kommt jedoch hier nur ausnahmsweise und nicht als regelmässige charakteristische Erscheinung, wie nach dem Stiche des afrikanischen Scorpions [1]), vor.

1) Diese Zeitschrift, Bd XII, 1876. 8. S. 172.

Die erhöhte Reflexempfänglichkeit erhält sich nicht selten bis zu den letzten Stufen der Lähmung der Willkührbewegungen. Frösche, die auf den Rücken gelegt, sich nicht mehr umwenden können, solche, die nur noch über ein Hinterbein willkührlich verfügen, beantworten oft noch mechanische Erregungen der Rückenhaut oder Zehendruck mit lebhaften und selbst stürmischen, sich nicht selten wiederholenden Bewegungen von Theilen, die längst nicht mehr dem Willensbefehle zu gehorchen scheinen. Die Reflexempfänglichkeit verliert sich früher am Auge, als an den Beinen und in der Folge häufig eher an den Hinter-, als an den Vorderfüssen. Doch ist mir auch das Umgekehrte vorgekommen.

Kann sich der Frosch nicht mehr herumdrehen, wenn man ihn auf den Rücken gelegt hat, so lassen sich noch oft stürmische Reflexbewegungen der Hinterbeine dadurch hervorrufen, dass man eine Stelle des Magens oder einer Schlinge des Dünndarms mit der Pincette zusammendrückt.

10. Der Blutlauf stockt nicht selten schon in den Gefässen der Schwimmhaut, wenn noch das Thier lebhafte Willkührbewegungen hervorrufen kann und den Zehendruck mit nachdrücklichen Reflexverkürzungen beantwortet. Die meisten Gefässe erscheinen dann stärker geröthet, weil die Blutkörperchen den ganzen Hohlraum derselben ausfüllen, mithin die Wandschicht von blosser Blutflüssigkeit nicht mehr vorhanden ist. Man überzeugt sich dabei, dass die Bewegung des Blutes z. B. in der Zunge einige Zeit darauf ebenfalls still steht, wenn das blossgelegte Herz noch eine grosse Zahl von abwechselnden Zusammenziehungen der beiden Vorhöfe und der Kammer darbietet. Ich zählte einmal 68 volle Pulsationen der Art in der Minute. Die Herzthätigkeit scheint daher nach und nach an Kraft zu verlieren. Hat sie aufgehört, so lässt sie sich noch eine Zeit lang durch mechanische oder elektrische Reize anregen. Man erhält jedoch oft nur eine einzige Zusammenziehung zuerst der Vorhöfe und dann der Kammer.

Die elektrische Tetanisation der beiden herumschweifenden Nerven führt im Anfange zu Stillstand des Herzens. Zeigen sich aber keine Reflexbewegungen mehr oder höchstens nur schwache Zusammenziehungen der Art und ruht das Herz, beantwortet es

aber noch mechanische Reize, so bleibt die Tetanisation mit schwachen Inductionsströmen erfolglos. Die mit starken dagegen, welche auch Stromesschleifen in die Herzmasse selbst sendet, führt zu häufigen und kräftigen Schlägen.

11. Die blossgelegten hinteren Lymphherzen klopfen noch oft, wenn schon der Blutlauf in den Gefässen der Schwimmhaut aufgehört hat. Sie geben dann noch z. B. 44 Schläge in der Minute. Einzelne Ruhepausen schalten sich später zwischen lebhaften Bewegungen ein. Das rechte Lymphherz klopft häufig mit anderer Schnelligkeit und ruht nicht selten zu anderen Zeiten, als das linke. Stehen später beide und zwar oft früher, als das Blutgefässherz stille, so verlieren sie auch bald die Fähigkeit, zu einem neuen Schlage durch mechanische Reizung angeregt zu werden.

12. Wir haben schon kennen gelernt, dass lebhafte Bewegungen der Umgebungen der Nasenlöcher und solche der Kehle nebst Bauchathmung als Folge des Vipernbisses in Fröschen auftreten. Die ausgiebige Thätigkeit der Bauchmuskeln zeigt sich noch oft, wenn das Thier nicht mehr springen oder, auf den Rücken gelegt, sich nicht mehr umdrehen kann. Hat schon der Blutlauf in den Lungensäcken aufgehört, so schlagen oft noch die Vorhöfe und die Kammer nachdrücklich und häufig.

13. Ich verfolgte den Gaswechsel einiger durch Vipernggift tödtlich erkrankter Frösche in derselben Vorrichtung und auf die gleiche Weise, wie in den eudiometrisch-toxicologischen Untersuchungen.[1]) Wir wollen fünf dieser Versuchsreihen, die an frisch eingefangenen Fröschen während warmer Sommertage angestellt worden, genauer betrachten.

Erste Versuchsreihe.

Körpergewicht des Frosches . . .	15.79 Grm.
Rauminhalt desselben	13.80 Cc.
Eigenschwere des Thieres	1.14 Grm.
Zu Gebote stehende Athmungsluft .	287.27 Cc.

Der gesunde Frosch wurde zuerst $6\frac{1}{2}$ Stunden lang auf seinen Gaswechsel geprüft. Die Viper biss ihn an dem folgenden Tage

1) Archiv für experimentelle Pathologie u. Pharmacologie, herausgegeben von Klebs, Naunyn und Schmiedeberg. Bd. V. 1876. 8. S. 143—168.

blutig ein Mal zwischen dem Auge und dem Unterkieferrande der rechten Seite und ein zweites Mal in der Nähe des vorderen Endes des linken Oberkiefers. Ich setzte das Thier in den Athmungsbehälter unmittelbar darauf ein. Es verhielt sich im Anfange ruhig, athmete lebhaft mit der Kehle und den Bauchmuskeln, erschien später wie todt, hatte sich aber hierauf während der fünf Stunden, die es in dem Behälter verweilte, vollständig erholt, so dass es nach dem Herausnehmen weit fortsprang. Abermals für $18^1/_2$ Stunden eingesetzt, wurde es todt herausgenommen. Die Muskeln der Beine erschienen auffallend steif. Die stärksten Schläge eines Ruhmkorff riefen keine Zusammenziehungen mehr hervor. Der Blutlauf stand in der Schwimmhaut still.

Man hatte zunächst als Grundwerthe:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthalts im Behälter in Stunden	Auf 0° C. zurückgeführter Barometerstand in Millimetern	Wärme in Celsiusgraden		Unterschied der Quecksilberhöhe der Druckröhre am Anfange und am Ende
				am Anfange	am Ende	
1	Gesund	$6^1/_2$	715.62	18.8	18.6	1.8
2	Gebissen und wiederum erholt	5	715.62	18.9	20.2	2.0
3	Todt	$18^1/_2$	715.62 u. 714.28	20.4	20.2	0.3

Die Eudiometeranalysen gaben:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes	Volumenprocente		Volumenprocente des verzehrten Sauerstoffs	Volumenprocente des aufgenommenen Sauerstoffes, die der Kohlensäure — 1
			Kohlensäure	Sauerstoff		
1	Gesund	$6^1/_2$	7.61	11.29	9.97	1.27
2	Gebissen und wiederum erholt	5	4.59	17.70	3.26	0.71
3	Todt	$18^1/_2$	10.84	5.03	15.93	1.40

Man erhält daher als Endberechnung;

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthalts	Normalvolumen der Behälterluft (760 Millimeter Barometer, 0° C. und trocken) in Cubikcentimetern		Auf 1 Kilogramm und 1 Stunde kommende Menge in Milligramm		Gewicht des verzehrten Sauerstoffs das der Kohlensäure = 1
			am Anfange	am Ende	Ausgeschiedene Kohlensäure	Aufgenommener Sauerstoff	
1	Gesund	6½	247.37	246.97	362.62	334.42	0.92
2	Gebissen und wieder. erholt	5	247.25	244.97	282.05	153.62	0.54
3	Todt	18½	245.04	245.10	183.90	187.85	1.02

Die ersten fünf Stunden nach den Vipernbissen, in denen das Thier Anfangs zusammensank, sich aber später wiederum erholte, gaben eine mässige Abnahme der ausgeschiedenen Kohlensäure. Die Aufnahme des Sauerstoffes hingegen wurde um mehr als die Hälfte heruntergesetzt. Sein Verhältnisswerth zur ausgeschiedenen Kohlensäure sank ebenfalls beinahe auf die Hälfte. Die geringeren Durchschnittszahlen frei gewordener Kohlensäure und aufgenommenen Sauerstoffes, welche das innerhalb dieser Zeit gestorbene Thier während 18½ Stunden lieferte, rührten zum Theil von dem längeren Aufenthalte in der eingeschlossenen Luft her. Die Verhältnissgrösse des Sauerstoffes stieg aber wiederum so sehr, dass sie etwas mehr als in dem gesunden Frosche betrug.

Ich versetzte die von Kohlensäure freie und dann wiederum möglichst feucht gemachte Luftmasse mit mehr als dem halben Volumen Knallgas in Nr. 2 und 3 und verpuffte. Die Messung und Berechnung ergab dann:

Versuchsnummer	Normalvolumen in Cubikcentimetern		Unterschied in Cubikcentimetern
	Vor der Verpuffung	Nach der Verpuffung	
2	27.473	27.528	+ 0.055
3	29.969	30.007	+ 0.037

Es war also keine Menge von Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoff oder Wasserstoff vorhanden, die ausserhalb der Grenzen der möglichen Beobachtungsfehler lag.

Setzt man voraus, dass der Stickstoff unverändert bleibt und die von dem Thiere etwa abgegebenen organischen Dämpfe keinen merklichen Spannungsunterschied der Behälterluft herbeiführen, so kann man das Endvolumen des der Athmung zu Gebote stehenden Gases aus dem Anfangsvolumen und dem Volumenunterschied der ausgehauchten Kohlensäure und des aufgenommenen Sauerstoffes berechnen, Alles natürlich auf Normalvolumen zurückgeführt. Nennen wir das Anfangsvolumen a, das berechnete Endvolumen e, die Volumenprocente der Kohlensäure c und die des verschwundenen Sauerstoffes s, so haben wir:

$$e = a \,.\left[1 + \frac{c - s}{100}\right]$$

wobei $e \lesseqgtr a$, je nachdem $c \lesseqgtr s$ ist.

Zeigt sich ein so grosser Unterschied zwischen diesem berechneten und dem gefundenen Werthe, dass er wahrscheinlich längst ausserhalb der Grenzen der möglichen Beobachtungsfehler liegt, so werden wir auf die Aushauchung von Stickstoff schliessen, wenn die Abweichung von Erfahrung und Rechnung positiv, und auf Aufnahme derselben, wenn sie negativ ist. Man kann jedoch nicht vorsichtig genug bei dieser Folgerung sein, weil die möglichen Beobachtungsfehler bei der Berechnung des theoretischen Werthes ausserordentlich vervielfältigt werden.

Führen wir diese Bestimmungsweise für unsere drei Versuche durch, so erhalten wir:

Versuchsnummer	Normalvolumen der Behälterluft am Ende der Versuchszeit in Cubikcentimetern		Abweichung des gefundenen Werthes von dem berechneten
	Berechnet	Gefunden	
1	244.29	246.97	+ 2.68
2	250.54	244.97	— 5.57
3	232.57	245.10	+ 12.53

Wir sehen, dass die von einer geringen Sauerstoffaufnahme begleitete Vergiftungszeit zugleich eine Einsaugung von Stickstoff darzubieten schien — ein Ergebniss, das man auch häufig bei anderen, die Absorption des Sauerstoffes vermindernden Giften z. B. dem Atropin häufig erhält. Die Aushauchung des Stickstoffes des sterbenden und todten Thieres im geschlossenen Raume bildet eine regelmässige Erscheinung, wie ich an einem andern Orte [1]) ausführlicher erläutert habe.

Zweite Versuchsreihe.

Körpergewicht des Frosches	18.71 Grm.
Rauminhalt desselben	18.00 Cc.
Eigenschwere	1.04 Grm.
Zur Verfügung stehende Athemluft .	283.07 Cc.

Der vor ein paar Wochen eingefangene lebhafte Frosch wurde zuerst auf seinen Gaswechsel 4 5/6 Stunden in gesundem Zustande geprüft. Die grosse Viper biss das Thier am folgenden Tage mindestens fünf Mal, ohne dass sich unmittelbar darauf mehr als eine etwas klaffende, aber nicht blutende Wunde an dem unteren Theile der Rückenhaut bemerken liess. Der bald nachher in den Behälter gesetzte Frosch war zuerst etwas unruhig, athmete schwach und unregelmässig mit der Kehle, sank später zusammen und wurde nach 5 Stunden todt herausgenommen. Die stärksten Schläge des Ruhmkorff konnten dann nicht mehr die geringste Spur von Zusammenziehung hervorrufen. Der Kreislauf stockte in allen Gefässen der Schwimmhaut.

Das Thier wurde noch sogleich darauf für 18 Stunden und ein zweites Mal für 23 1/4 Stunden eingesetzt.

Man hatte zunächst:

---

1) Henle und Pfeuffer, Zeitschrift für rationelle Medicin. Dritte Reihe. Bd. X. S. 99.

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes im Behälter in Stunden	Auf 0° Cels. zurückgeführter Barometerstand in Millimetern	Wärme in Celsiusgraden		Unterschied der Quecksilberhöhe der Druckröhre am Ende
				am Anfange	am Ende	
4	Gesund	$4^5/_6$	714.28	20.2	18.8	— $6\frac{1}{4}$
5	Mit Erfolg gebissen	5	710.10	19.6	21.2	— 1
6	Todt	18	710.10 u. 709.37	21.2	19.7	— 2
7	Todt	$23^1/_4$	709.37 u. 709.19	19.5	18.8	— 0.5

Die Luftanalysen gaben:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes	Volumenprocente		Volumenprocente des verzehrten Sauerstoffes	Volumenprocente des verzehrten Sauerstoffs und der Kohlensäure
			Kohlensäure	Sauerstoff		
4	Gesund	$4^5/_6$	6.48	15.02	5.94	0.92
5	Mit Erfolg gebissen	5	2.71	19.47	1.29	0.55
6	Todt	18	5.43	19.64	1.32	0.24
7	Todt	$23^1/_4$	11.08	11.25	9.71	0.88

Man berechnet aus diesen Werthen:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes	Normalvolumen in Cubikcentimetern		Auf 1 Kilogramm und 1 Stunde in Milligrammen		Gewicht des aufgenommenen Sauerstoffs, das der Kohlensäure = 1 gesetzt
			am Anfang	am Ende	ausgeschied. Kohlensäure	verzehrter Sauerstoff	
4	Gesund	$4^5/_6$	241.62	241.02	342.03	228.75	0.67
5	Mit Erfolg gebissen	5	240.88	239.33	137.30	59.62	0.44
6	Todt	18	238.97	241.61	77.15	11.20	0.15
7	Todt	$23^1/_4$	240.75	241.65	121.73	76.40	0.63

Der tödtende Vipernbiss setzte die ausgeschiedene Kohlensäure um mehr als die Hälfte in den ersten fünf Stunden herab. Der absolute Werth des eingenommenen Sauerstoffs sank beinahe auf ein Viertheil und das Sauerstoffverhältniss auf zwei Drittheile dessen

des gesunden Zustandes. Verweilte später der todte Frosch 18 Stunden lang in dem Behälter, so ging das Sauerstoffverhältniss noch mehr und zwar auf weniger als die Hälfte des nächstvorigen Zeitraumes hinunter. Die folgenden 23¼ Stunden dagegen gaben wieder bedeutend mehr ausgeschiedene Kohlensäure und so viel Sauerstoff, dass er verhältnissmässig fast eben so viel, als im gesunden Zustande betrug.

Die nach der Entfernung der Kohlensäure vorgenommenen Knallgasverpuffungen lieferten:

Versuchsnummer	Normalvolumen in Cubikcentimetern		Unterschied in Cubikcentimetern
	vor der Verpuffung	nach der Verpuffung	
5	27.660	27.462	— 0.198
6	25.621	25.788	+ 0.167
7	24.104	24.082	— 0.022

Nur Nr. 5, also die ersten 5 Stunden nach der Vergiftung gaben eine Abnahme, welche die Grenzen der möglichen Beobachtungsfehler überschreiten durfte, so dass auf die Anwesenheit einer geringen Menge von Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoff oder Wasserstoff zu schliessen wäre. Rührte die Erscheinung von Wasserstoff allein her, so würde dieser 0.132 Cc. oder 0.47 % betragen haben.

Berechnen wir wiederum das Endvolumen der Behälterluft unter der Voraussetzung der Unveränderlichkeit des Stickstoffes so finden wir:

Versuchsnummer	Normalvolumen der Behälterluft am Ende der Versuchszeit in Cubikcentimetern		Unterschied in Cubikcentimetern
	berechnet	gefunden	
4	242.92	241.02	— 1.90
5	243.80	239.33	— 4.47
6	248.90	241.61	— 7.29
7	244.06	241.65	— 2.41

Die beiden grössten, auf die Aufnahme von Stickstoff deutenden Werthe des negativen Unterschieds zwischen Rechnung und Erfahrung fallen auf die ersten fünf und achtzehn Stunden nach der Vergiftung, in denen die Aufnahme des Sauerstoffes bedeutend gesunken war. Nr. 6 würde ergeben, dass 5.30% für die Gesammtzeit oder 0.3° Stickstoff für die Stunde eingesogen worden.

Dritte Versuchszeit.

Körpergewicht des Frosches	9.65	Grm.
Rauminhalt desselhen	9.20	Cc.
Eigenschwere	1.05	Grm.
Zu Gebote stehende Athmungsluft .	291.87	Cc.

Ein kleiner, vor Kurzem eingefangener Frosch war Tags vorher von einer Viper in die Spitze des Unterkiefers blutig gebissen worden, ohne dass es ihm das Geringste schadete. Die einzige Eigenthümlichkeit, die er an diesem und dem nächsten Tage darbot, bestand darin, dass er die Kehlblasen bei dem Anfassen füllte und einen Stimmton hören liess. Sie fehlte hiegegen in der Folgezeit. Ich setzte zuerst das vor 24 Stunden gebissene Thier für 6 Stunden in den Behälter und liess es hierauf über Nacht in einem Gefässe, dessen Boden mit Wasser bedeckt war. Es wurde dann noch am folgenden Tage von derselben Viper fünf Mal gebissen, zeigte dabei keine blutende Wunde und benahm sich so munter, als wenn Nichts vorgegangen wäre. Ich prüfte hierauf seinen Gaswechsel unmittelbar darauf 6 Stunden lang. Der Frosch war in dem Behälter ganz munter und sprang nach dem Herausnehmen weit fort. Ich liess ihn wiederum am folgenden Tage mehrere Male von der Viper beissen. Obgleich keine blutenden Wunden zu entdecken waren, so sank doch bald das geschwächte Thier sichtlich zusammen. Hatte es sich unmittelbar darauf 6 Stunden in dem Behälter aufgehalten, so stockte der Blutlauf in den stark gefüllten Gefässen der Schwimmhaut. Die kräftigsten Schläge eines gewöhnlichen Magnetelektromotors erzeugten keine Zusammenziehungen mehr. Die eines mittelgrossen Ruhmkorff dagegen führten zu schwachen Verkürzungen. Das Thier kam dann von Neuem für 18 Stunden in den Behälter. Alle Spur von Reizempfänglichkeit war nach diesem Zeitraume verschwunden.

Man hatte zunächst:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes im Behälter in Stunden	Auf 0° C. zurückgeführter Barometerstand in Millimetern	Wärme in Celsiusgraden		Endunterschied der Quecksilberhöhe im Eudiometer
				am Anfange	am Ende	
8	Gesund	6	709.19	18.9	18.7	1.2
9	Gesund	6	716.16	17.8	18.6	1.0
10	Vergiftet	6	717.36	17.7	18.6	— 0.5
11	Todt	18	717.36 und 715.29	18.9	17.9	—

Die Eudiometeranalysen gaben:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes im Behälter	Volumenprocente		Volumenprocente des verzehrten Sauerstoffes	Volumenprocente der verzehrten Kohlensäure
			Kohlensäure	Sauerstoff		
8	Gesund	6	3.70	18.66	2.30	0.62
9	Gesund	6	3.22	15.69	5.27	1 63
10	Vergiftet	6	3.65	19.54	1.42	0.39
11	Todt	18	3.59	15,50	5.46	1.52

Die Endberechnung liefert:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes im Behälter	Normalvolumen in Cubikcentimetern		Auf 1 Kilogramm von 1 Stunde kommende Menge in Milligrammen		Gewicht des verzehrten Sauerstoffs, das der Kohlensäure = 1
			am Anfange	am Ende	ausgeschied. Kohlensäure	verzehrter Sauerstoff	
8	Gesund	6	248.89	248.60	314.61	142.97	0.45
9	Gesund	6	252.74	251.41	276.89	277.69	1.02
10	Vergiftet	6	253.30	252.38	315.08	93.44	0.30
11	Todt	18	252.88	252.30	103.27	114.75	1.11

Es bleibt natürlich dahingestellt, ob die verhältnissmässig geringe Menge von Sauerstoff, welche das Thier in Nr. 8 aufnahm.

von dem blutenden Bisse, der den Tag vorher stattgefunden, herrührte oder nicht. Die wirkungslos gebliebenen Stiche des folgenden Tages änderten nicht den Gaswechsel in dem der Vergiftungswirkung entsprechenden Sinne. Der Frosch lieferte etwas weniger Kohlensäure und nahm absolut und daher zugleich verhältnissmässig bedeutend mehr Sauerstoff auf. Das durch die späteren Bisse getödtete Thier hauchte wiederum viel Kohlensäure aus und verzehrte verhältnissmässig sehr wenig Sauerstoff in den ersten 6 Stunden. Die folgenden 18 Stunden gaben einen schwächeren Gaswechsel in Folge des Aufenthaltes in dem geschlossenen Raum. Die Verhältnissmenge des verzehrten Sauerstoffes war aber bedeutend gestiegen.

Die Knallgasverpuffungen verriethen nicht die Anwesenheit von Kohlensäure, Kohlenwasserstoff oder Wasserstoff.

Stellen wir die Unterschiede des gefundenen und des unter der Voraussetzung der Unveränderlichkeit des Stickstoffes berechneten Normalvolumen der Endluft zusammen, so erhalten wir:

Versuchsnummer	Normalvolumen der Behälterluft am Ende der Versuchszeit in Cubikcentimetern		Unterschied in Cubikcentimetern
	Berechnet	Gefunden	
8	252.37	248.60	— 3.77
9	247.59	251.41	+ 3.82
10	258.83	252.38	— 6.45
11	248.16	252 30	+ 4.14

Wir haben wiederum den grössten Werth der Abnahme des Luftvolumens in Nr. 10, also während der tödtlichen Giftwirkung oder der Zeit der geringsten Sauerstoffaufnahme.

Vierte Versuchszeit.

Körpergewicht des Frosches	19.33 Grm.
Rauminhalt desselben	17.20 Cc.
Eigenschwere	1.13 Grm.
Zu Gebote stehende Athmungsluft . .	283.97 Cc.

Der lebhafte frisch eingefangene Frosch wurde zuerst 5 Stunden lang auf seinen Gaswechsel in gesundem Zustande geprüft. Er kam am folgenden Tage abermals für 5 Stunden in den Behälter, nachdem er vorher mehrere Male von der grossen Viper gestochen worden. Er verhielt sich Anfangs auffallend ruhig und athmete sichtlich mit den Bauchdecken, befand sich aber bald darauf vollkommen wohl. Ich drückte die Giftdrüsen einer kleinen 24 Stunden vorher gestorbenen Viper am folgenden Tage zusammen, fing die in der Nachbarschaft der Giftzähne befindliche, fast farblose und nicht deutlich oder höchstens sehr schwach sauer reargirende Flüssigkeit in Filtrirpapier auf und brachte dieses unter die Rückenhaut des Frosches. Das Thier kam unmittelbar darauf in den Behälter und starb nach kurzer Zeit. Ich liess es 5²/₃ Stunden in der Vorrichtung. Der Blutlauf stand dann in der Schwimmhaut still. Die sehr kräftigen Schläge des Magnetelektomotors erregten nur noch schwache Zusammenziehungen in den Muskeln des Unterschenkels. Der Frosch wurde noch für 19¹/₄ Stunden eingesetzt. Da aber das Eudiometer bei der Knallgasverpuffung sprang, so konnte nur die Kohlensäure bestimmt werden.

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes im Behälter in Stunden	Auf 0° C. zurückgeführter Barometer in Millimetern	Wärme in Celsiusgraden		Endunterschied der Höhe der Quecksilbersäule der Druckröhre in Millimetern
				am Anfange	am Ende	
12	Gesund	5	715.18	18.5	18.7	— 4
13	Ohne Erfolg gebissen	5	716.78	17.8	18.7	— 1.2
14	Sterbend und todt	5²/₃	719.19	17.6	17.8	— 0.8
15	Todt	19¹/₄	719.19 u. 718.72	18.5	19.8	0

Die Analysen gaben:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes im Behälter	Volumenprocente		Volumenprocente des verzehrten Sauerstoffes	Volumenprocente des aufgenommenen Sauerstoffes, die der Kohlensäure = 1
			Kohlensäure	Sauerstoff		
12	Gesund	5	4.59	16.66	4.30	0.94
13	Ohne Erfolg gebissen	5	2.57	17.73	3.23	1.26
14	Sterbend und todt	5²/₃	2.92	18.55	2.41	0.83
15	Todt	19¹/₄	5.41	—	—	—

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes im Behälter	Normalvolumen der Behälterluft in Cubikcentimetern		Auf 1 Kilogramm und 1 Stunde kommende Menge in Milligrammen		Gewicht des aufgenommenen Sauerstoffes, das der 1 Kohlensäure
			am Anfange	am Ende	ausgeschied. Kohlensäure	verzehrter Sauerstoff	
12	Gesund	5	244.64	245.82	231.19	151.25	0.66
13	Ohne Erfolg gebissen	5	246.04	244.57	131.79	122.63	0.92
14	Sterbend u. todt	$5^2/_3$	247.11	247.16	130.49	77.77	0.59
15	Todt	$19^1/_4$	246.04	244.33	70.35	77.77	0.59

Die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure hatte nach dem Bisse sehr wenig im Vergleich zu dem vorhergehenden Tage abgenommen. Das Thier verzehrte dann eine weit geringere Menge von Sauerstoff als früher, so dass sich auch das Sauerstoffverhältniss ungünstiger stellte.

Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoff oder Wasserstoff liess sich nicht nachweisen.

Der Vergleich des unter Voraussetzung der Unveränderlichkeit des Stickstoffes berechneten Endvolumen mit dem Gefundenen gibt:

Versuchsnummer	Normalvolumen der Behälterluft am Ende des Versuches in Cubikcentimetern.		Unterschied in Cubikcentimetern
	Berechnet	Gefunden	
12	245.35	245.82	+ 0.47
13	244.42	244.57	+ 0.15
14	248.37	247.16	— 1.21

Wir haben wiederum ein zu kleines gefundenes Endvolumen, also eine Andeutung von Stickstoffaufnahme in den ersten $5^2/_3$ Stunden der Vergiftungszeit, während welcher die Sauerstoffaufsaugung merklich abgenommen hatte.

Fünfte Versuchsreihe.

Körpergewicht des Frosches	17.45 Grm.
Rauminhalt desselben	16.00 Cc.
Eigenschwere	1.09 Grm.
Zu Gebote stehende Athmungsluft . .	285.07 Cc.

Ein lebhafter frisch eingefangener Frosch, dessen Gaswechsel den Tag vorher $4\frac{5}{6}$ Stunden geprüft worden, wurde mehrere Male von der grossen Viper gebissen. Die Spitzen der Giftzähne blieben dabei zwei Mal lange unter der Haut. Das Thier zeigte dessen ungeachtet in der allerersten Zeit nur Bauchathmung, blieb aber sonst ganz munter. Man prüfte den Gaswechsel während der ersten $6\frac{1}{4}$ Stunden nach dem Bisse. Eine kleine Viper, die selbst nach den stärksten Reizungen nie gestochen hatte, starb während der zu lange fortgesetzten Aetherisation. Ein auf die Giftdrüsen ausgeübter Druck trieb keine sichtliche Menge einer gelblichen Flüssigkeit hervor. Die Schleimhaut des harten Gaumens war höchstens vielleicht etwas feuchter geworden. Ich brachte auf sie ein Stückchen empfindlichen Lacmuspapieres, das jedoch hierdurch nicht geröthet wurde, und führte es dann noch feucht unter die Rückenhaut des Frosches an dem dritten Versuchstage ein. Das Thier war anderthalb Stunden darauf unbeweglich und erwiderte nicht mehr den Zehendruck durch Reflexwirkungen. Der Blutlauf stand in den Gefässen der Schwimmhaut stille. Die kräftigsten Schläge des Ruhmkorff riefen nur noch schwache Zusammenziehungen hervor. Der Gaswechsel des gestorbenen Thieres wurde noch unmittelbar darauf $5\frac{5}{6}$ Stunden und dann 19 Stunden untersucht.

Man hatte zunächst:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes im Behälter in Stunden	Auf 0° C. zurückgeführter Barometerstand in Millimetern	Wärme in Celsiusgraden am Anfange	Wärme in Celsiusgraden am Ende	Endunterschied der Quecksilberhöhe der Druckröhre in Millimetern
16	Gesund	$4\frac{5}{6}$	717.76	18.5	19.8	4.0
17	Ohne Erfolg gebissen	$6\frac{1}{4}$	718.72	18.7	20.2	3.0
18	Vergiftet	$5\frac{5}{6}$	718.49	20.7	23.1	— 2
19	Todt	19	718.49 u. 718.44	23.1	21 6	— 1.3

Die Analysen gaben:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes im Behälter in Stunden	Volumenprocente		Volumenprocente des aufgenommenen Sauerstoffes	Volumen des verzehrten Sauerstoffes, das der Kohlensäure = 1
			ausgeschied. Kohlensäure	verzehrter Sauerstoff		
16	Gesund	$4\frac{5}{6}$	4.60	16.66	4.30	0.94
17	Ohne Erfolg gestochen	$6\frac{1}{4}$	5.78	16.73	4.23	0.73
18	Vergiftet	$5\frac{5}{6}$	3.47	21.10	— 0.14	0.73
19	Todt	19	4.92	17.50	3.46	0.70

Man findet daher als Endberechnung:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes im Behälter	Normalvolumen der Behälterluft in Cubikcentimetern		Auf 1 Kilogramm und 1 Stunde kommende Menge in Milligrammen		Gewicht des aufgenommenen Sauerstoffes, das der Kohlensäure = 1
			am Anfange	am Ende	ausgeschied. Kohlensäure	verzehrter Sauerstoff	
16	Gesund	$4\frac{5}{6}$	246.58	243.62	263.13	188.43	0.72
17	Ohne Erfolg gestochen	$6\frac{1}{4}$	246.68	243.83	258.91	143.31	0.59
18	Vergiftet	$5\frac{5}{6}$	244.19	241.91	163.32	+ 2.00	+ 0.01
19	Todt	19	241.57	243.51	71.56	34.64	0.48

Der Frosch, der verhältnissmässig wenig Sauerstoff schon in gesundem Zustande aufgenommen, verzehrte absolut und relativ noch weniger, nachdem er ohne sichtlichen Erfolg mehrere Male gestochen worden. Die Menge der ausgehauchten Kohlensäure hingegen blieb fast genau die gleiche. Die Tödtung durch das unter die Rückenhaut eingeführte Lacmuspapier, das mit der nicht deutlich saueren und nicht gelben Flüssigkeit befeuchtet worden, setzte die Kohlensäuremenge auf ungefähr $^3/_5$ der früheren herab, führte aber für den Sauerstoff zu einem eigenthümlichen Ergebnisse, das die Genauigkeit der Analyse und der Berechnungen mittelbar erhärtet. Die eudiometrische Bestimmung gab 21.10 % Sauerstoff,

also 0.14 % mehr als die Durchsschnittsgrösse des Sauerstoffgehaltes der Athmosphäre, oder 20.96 %. Man hätte hiernach allein auf die Aushauchung einer geringen Menge von Sauerstoff schliessen müssen. Das normale Anfangsvolumen der der Athmung zur Verfügung stehenden Luft war aber 244.19 Cc. und das Endvolumen 241.91 Cc. mithin hatte der Gaswechsel des Thieres eine Abnahme von 2.28 Cc. herbeigeführt. Es entspricht dieses 2.28 × 0.2096 = 0.48 Cc. Sauerstoff. Der Ueberschuss von 0.14 % Sauerstoff liefert nur 241.91 × 0.0014 = 0.34 Cc. Sauerstoff. Es sind hiernach 0.14 Cc. Sauerstoff aufgenommen worden. Die Aushauchung desselben bildete also ein blosses Scheinergebniss, weil man die Volumenänderung der Behälterluft ausser Acht gelassen. Die Verhältnissmenge des aufgenommenen Sauerstoffes stieg zwar wiederum bedeutend in den nächstfolgenden 19 Stunden. Sie blieb aber immer noch hinter der des nicht vergifteten Frosches sehr zurück.

Die Knallgasverpuffung zeigte weder Kohlenoxyd noch Kohlenwasserstoff oder Wasserstoff an.

Die Berechnung des Endvolumens unter Voraussetzung der Unveränderlichkeit des Stickstoffes und der Vergleich mit dem Erfahrungswerthe gibt:

Versuchsnummer	Normalvolumen der Behälterluft am Ende des Versuches in Cubikcentimetern.		Unterschied in Cubikcentimetern
	Berechnet	Gefunden	
16	247 32	243.62	— 3.70
17	250.50	243.83	— 6.67
18	250.01	241.91	— 8.10
19	245.10	243.51	— 1.59

Der grösste negative Unterschied fällt wiederum in die ersten 5⅚ Stunden nach der tödtlichen Vergiftung, zu welcher nur noch eine spurweise Sauerstoffaufnahme stattgefunden hatte. Dann kommt die Zeit, welche dem scheinbar erfolglosen Bisse nachfolgte. Der Vergleich von Nr. 16 und 19 lehrt, dass der negative Unterschied längere Zeit nach dem Tode bedeutend kleiner, als im Leben

ausfiel, wo das Thier verhältnissmässig mehr Sauerstoff aufgenommen hatte.

Fassen wir Alles zusammen, so ergibt sich:

a. Das Viperngift gehört zu denjenigen Giften, welche, wie das Antiar, das Veratrin, das Muscarin, das Atropin die Aufnahme des Sauerstoffes herabsetzen und sie nicht wie kleine Gaben des Curare erhöhen. Es kann dabei ausnahmsweise vorkommen, dass nur eine Spur von Sauerstoff während des Absterbens und die ersten Stunden nach dem Tode verzehrt wird (Nr. 18).

b. Es hängt von dem ursprünglichen Zustande des Frosches und den die Vergiftung herleitenden Nebenerscheinungen ab, ob die Menge der Kohlensäure, die für ein Kilogramm Körpergewicht und eine Stunde ausgeschieden wird, während und unmittelbar nach der tödtlichen Vergiftung zunimmt (Nr. 10), gleich bleibt (Nr. 14) oder sich vermindert (Nr. 2, 3, 5, 18). Die Abnahme scheint der Mehrzahl der Fälle zu entsprechen.

c. Wie bei anderen Giften, so hat man auch hier längere Zeit nach dem Tode einen Zeitraum, von dem an der Gaswechsel wiederum lebhafter und zugleich eine grössere Sauerstoffmenge von Neuem eingesogen wird. Die Verminderung der Sauerstoffaufnahme bildet also eine nur vorübergehende Erscheinung.

d. Alle Schlüsse, welche man aus der Vergleichung des unter Voraussetzung der Unveränderlichkeit des Stickstoffes berechneten und des gefundenen Endvolumens zieht, bleiben zweifelhaft, weil der abgelesene Endunterschied der Quecksilberhöhe der zweischenklichen Druckröhre, mithin auch alle dabei begangenen Beobachtungsfehler verdoppelt und der Unterschied der Volumenprocente der ausgehauchten Kohlensäure und des verzehrten Sauerstoffes, also auch alle dabei begangenen Irrungen verhundertfacht werden. Dessenungeachtet dürfte ein Ergebniss eine grössere Zuverlässigkeit darbieten, weil es sich ausnahmslos gezeigt hat. Nimmt die Aufnahme des Sauerstoffes in Folge der Vergiftung absolut

und verhältnissmässig beträchtlich ab, so fällt immer das unter Voraussetzung der Unveränderlichkeit des Stickstoffes berechnete Endvolumen bedeutend grösser, als das gefundene aus. Dieses führt zur Vermuthung, dass dann Stickstoff aufgenommen worden. Wächst später wiederum die Sauerstoffaufnahme des todten Thieres, so verkleinert sich jener negative Unterschied des berechneten und des gefundenen Endvolumens der Behälterluft oder es schlägt sogar in einen positiven Werth um.

14. Die Muskelcurven zeigen keine von denen des gesunden Frosches abweichende Gestalten. Ich stiess hingegen auf eine bei manchen anderen Giften z. B. der Santonsäure ebenfalls vorkommende Erscheinung, wenn ich die Leistungsfähigkeit der Nerven und Muskeln zu verschiedenen Zeiten verglich. Bedient man sich hierbei, wie gewöhnlich, der elektrischen Erregung, so muss man die Leitungswiderstände nach einem an einem andern Orte [1]) erläuterten Verfahren der Sicherheit wegen möglichst gleich zu machen suchen. Die Eigenthümlichkeit zeigte sich jedoch auch, wenn man diese Vorsichtsmaassregel vernachlässigt hatte.

Es gibt einen ersten Zeitraum, in welchem man kräftigere Wirkungen zu erhalten pflegt, wenn der nicht allzustarke elektrische Strom durch die Muskelmasse, als wenn er durch die Hüftnerven geleitet wird. Dann kommt oft später eine zweite Periode, in welcher das Umgekehrte die Regel bildet, und endlich eine dritte, in der die Erfolge der Nervenerregung abnehmen und zuletzt Null werden, während die der unmittelbaren Ansprache der Muskelmasse immer noch eine gewisse, mit der Zeit sinkende Wirkungsgrösse behauptet, bis sie zuletzt ebenfalls schwindet.

Fig. 1 kann uns die Eigenthümlichkeit des zweiten Zeitraumes versinnlichen. Der Cylinder, auf dem sich das zum Aufschreiben bestimmte, berusste Glanzpapier befand, drehte sich durchschnittlich 32 Mal in der Minute herum. Da die Peripherie des Kreisquerschnitts, welche eben aufgerollt die wagerechte Zeitabscisse gibt, 101 Millimeter maass, so entsprach ein jeder Millimeter derselben $^1/_{54}$ Secunde.

1) Pflüger's Archiv für Physiologie. Bd. XI. 1875. S. S. 486.

Der Durchschnittspunkt der senkrechten Linie mit der Zeitabscisse bezeichnet den Augenblick, in welchem der erregende elektrische Kreis dreier mit verdünnter Schwefelsäure geladener Zinkkohlenelemente mittelst der Anschlagsvorrichtung geschlossen wurde. Die Dauer der verborgenen Reizung wird daher durch das Abscissenstück, das zwischen ihm und dem Beginne der Muskelcurve liegt, angegeben. Ihre längere Linie kann zum Theile davon herrühren, dass sich der Muskel langsamer zusammenzieht und mithin ein grösserer Zeitraum verstreicht, ehe die erste merkliche Hebung stattfindet.

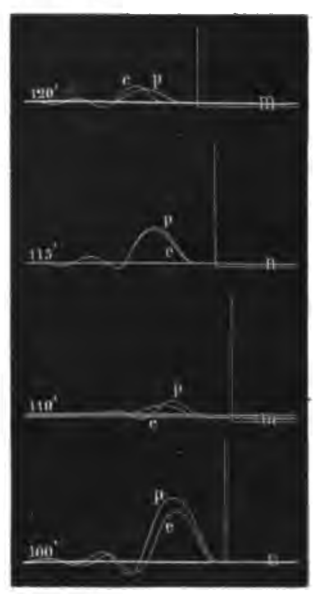


Fig. 1

n bezeichnet, dass das linke Hüftgeflecht in seinen natürlichen Lageverhältnissen, also durch Einstichsnadeln in einer Länge von 32 Millimetern gereizt wurde; *m*, dass der Strom unmittelbar durch die ganze Länge des Wadenmuskels ging. Dieser besass einen grössten Querschnitt von 3½ Millimeter. Die Nadeln, welche dicht über seinem obern Ansatze und in die Achillessehne eingestochen worden, standen von einander um 35 Millimeter ab. Man hatte also auch ohne Ausgleichung der Widerstände, die jedoch immer hergestellt wurde, günstigere Leitungsverhältnisse für den Wadenmuskel, als für das Hüftgeflecht.

p zeigt an, dass ein ab- und *c*, dass ein aufsteigender Strom den Nerven oder den Muskel durchsetzte. Jener wirkte, wie man sieht, in unserem Falle kräftiger als dieser. Aber auch das Umgekehrte kommt häufig vor.

Die unter ungefähr zweifacher Vergrösserung aufgeschriebenen Muskelcurven bieten, wie man bemerkt, die gewöhnlichen Formen gesunder Frösche dar. Es fehlt jede Spur asymptotischer Erschlaffung. Die auf die Curve folgenden niederen Wellenbiegungen sind Kunsterzeugnisse, welche von den Nachschwingungen des Schreibstiftes herrühren. Die links angegebene Zahl zeigt an, wie viel Minuten nach der Einführung des Giftes die Curve aufgezeichnet wurde.

Wirkte der absteigende Strom nachdrücklicher, als der aufsteigende, so fiel auch die Dauer einer verborgenen Reizung im Allgemeinen kürzer aus. Der Unterschied machte sich bei der schwächer antwortenden unmittelbaren Muskelreizung in höherem Grade, als bei der Nervenerregung geltend. Die geringere Empfänglichkeit hatte in dem ersterem Falle zur Folge, dass die Muskelcurve nicht bloss niederer, sondern auch flacher ausfiel.

Derselbe Frosch lieferte wiederum einige Zeit später den gewöhnlichen Fall, dass die Nervenerregung nicht so nachdrücklich, als die unmittelbare Ansprache des Muskels wirkte. Die Empfänglichkeit des Wadenmuskels hielt zuletzt eine merkliche Zeit länger, als die der Hüftnerven an.

15. Hat das Viperngift rasch und kräftig gewirkt; so findet man oft schon nach ungefähr fünf Stunden, dass die stärksten Schläge des Ruhmkorff, welche selbst die Berührungsstelle der Gewebe verbrennen, keine Spur von Verkürzung mehr erzeugen, sie mögen durch die Nerven oder durch die Muskelmassen geleitet werden. Die Muskeln fühlen sich auch dann nicht selten auffallend steif an. Beides fehlt bei schwächeren und langsameren Vergiftungen. Es kam mir hier vor, dass ein einzelner Bündel der Bauchmuskeln während der Dauer des Geschlossenseins einer selbst schwachen Kette anhaltend flimmerte.

16. Die elektrische Erregung des verlängerten Markes oder des obersten Theiles des Rückenmarkes bewirkt noch in dem schon vollkommen regungslosen Thiere, dass das untere Augenlid emporgehoben und bisweilen das Auge gedreht wird. Ebenso erzeugte dann noch die gleiche Reizung des Rückenmarkes in der Gegend des dritten bis vierten Wirbels mehr oder minder lebhafte Zusammenziehungen der Muskeln der Hinterbeine.

Die Empfänglichkeit des centralen Nervensystems verliert sich in der Regel früher, als die des Hüftgeflechtes. Die bei noch fortdauerndem Kreislaufe bemerkbare Thatsache, dass bisweilen ein auf eine Hinterzehe des vollkommen regungslosen Frosches ausgeübter Druck keine weitere Reflexbewegung, als eine lebhafte Athmung mit den Bauchmuskeln und hin und wieder auch der Kehle zur Folge hat, deutet schon an, dass das centrale Nervensystem keines-

wegs immer geraden Weges von dem Gehirn nach dem untern Ende des Rückenmarkes völlig abstirbt. Eine andere, häufig vorkommende Erscheinung spricht ebenfalls hierfür. Die schon früher erwähnte Reflexerregbarkeit der Hinterbeine durch einen auf eine Vorder-, nicht aber auf eine Hinterzehe ausgeübten Druck kommt noch vor, wenn die Athemmuskeln nicht mehr reflectorisch erregbar sind, der Blutlauf geschwächt erscheint oder schon gänzlich aufgehört hat. Das Thier kann dann noch die letzten Spuren von Willkührbewegungen liefern.

17. Es glückte mir nie, die Absonderung des Giftes dadurch hervorzurufen, dass ich die Elektroden eines kräftig wirkenden Magnetelektromotors in eine oder in beide Giftdrüsen, in das Gehirn und in das verlängerte Mark oder gar in das Letztere allein in einer unmittelbar vorher enthaupteten Viper einstach, ich mochte vorher das Gift ausgepresst haben oder nicht. Ich konnte aber noch später die öligte Giftflüssigkeit in dem zweiten Falle durch Druck herausbefördern. Die kräftige Tetanisation blieb also nicht blos für die Absonderung, sondern auch für die Entfernung des Giftes wirkungslos. Lässt die langsame Wiederherstellung des Giftes nach der Erschöpfung desselben durch wiederholtes Beissen auf die Unmöglichkeit einer raschen Absonderung schliessen, hat man also hier eine Erscheinung, die an die Langsamkeit der Samenabsonderung erinnert, so wiederholt sich doch nicht das Gleiche für den Einfluss der elektrischen Erregung der Nerven oder der Masse der Giftdrüsen auf den Austritt des Inhalts. Der Unterschied von der gewöhnlichen Speichelabsonderung ergibt sich zugleich von selbst.

18. Die Nerven und die Muskeln besitzen die gewöhnlichen elektromotorischen Eigenschaften, einen richtigen Strom, eine negative Schwankung und die regelrechten Phasen des Elektrotonus, so lange die Empfänglichkeit dauert und eine geraume Zeit später. Man stösst noch auf eine negative Schwankung, wenn schon selbst die kräftigsten, den Nerven treffenden Schläge des Magnetelektromotors keine Muskelzusammenziehung mehr erzeugen und sich der Elektrotonus gegen früher vergrössert hat. Sie scheint auch während der ersten Stufe erhöhter Reizbarkeit bedeutender, als gewöhnlich auszufallen.

19. Die Flimmerbewegung der Mundschleimhaut und die Regsamkeit der Spermatozoiden dauern in Fröschen, die durch Viperngift getödtet worden, fort. Die den Mastdarm bewohnende Opalina ranarum, die Blutfilarie und die mit langen flimmernden Haaren versehenen rundlichen oder walzenförmigen Gebilde [1]) des Froschblutes bewahren ihre volle Beweglichkeit.

20. Es gelang mir nicht, Frösche dadurch zu tödten, dass ich grössere Blutmengen eines anderen Frosches, der in Folge der Wirkung des Viperngiftes gestorben war, unter deren Rückenhaut brachte.

21. Fontana [2]) fand schon, dass die Behandlnng des getrockneten Giftzahnes mit warmem Wasser eine Flüssigkeit lieferte, die noch zu vergiften im Stande war. Das eingetrocknete Gift behielt seine Wirksamkeit Wochen lang. Es hatte hingegen seine Kräfte nach zehn Monaten eingebüsst. Ich tödtete noch Frösche dadurch, dass ich ihnen Rechtecke schwedischen Filtrirpapieres, die das grauweisse eingetrocknete Gift seit sechs Monaten enthielten, unter die Haut brachte. Man stösst andererseits auf Papierstücke, die sich als unwirksam erweisen, obgleich sie erst vor wenigen Tagen. mit dem Gifte durchtränkt worden. Es frägt sich jedoch, ob sie kräftiger in ganz frischem Zustande eingegriffen hätten.

22. Um sicher zu gehen, theilte ich jedes Rechteck, das ich zur Prüfung des Einflusses der Wärme, der Elektrolyse oder chemisch zerstörender Flüssigkeiten benutzen wollte, in zwei Hälften, gebrauchte die eine unmittelbar, die andere hingegen erst, nachdem ich sie der entsprechenden Behandlung ausgesetzt hatte. Ich sah erst dann den Versuch als entscheidend an, wenn die erste Hälfte den Frosch tödtete.

Ich legte trockene, mit Gift durchtränkte Rechteckhälften auf eine Glasplatte, die selbst wiederum auf zwei Holzstücken ruhte, welche sich in einem Trockenapparate befanden und heizte diesen mittelst eines dreifachen Gasbrenners, so dass die Wärme ziemlich rasch stieg. Ein Thermometer befand sich in der Luftmasse, welche

1) A. Rättig, die Parasiten des Froschblutes. Berlin 1875. 8. Fig. II.
2) Fontana a. a. O. S. 36.

die Rechtecke umgab. Hatte die Wärme 90° C. erreicht, so tödteten die Papierstücke immer. Das Gleiche wiederholte sich meist bei 105° C. und selbst in Einzelfällen bei 115° C. Diese Erfahrungen lehrten zunächst, dass das trockene Viperngift Wärmen, die über dem Kochpunkte des Wassers liegen, ohne Zerstörung seiner Wirkung aushält. Ich habe auch Rechtecke vor dem Einsetzen in die bis 60° oder 90° C. erwärmte Luft mit einer verhältnissmässig grossen Menge von Wasser befeuchtet und dann die Wärme bis 105° C. und selbst ein Mal bis 118° C. emporgetrieben, ohne dass die Giftwirkung zu Grunde ging.

Man kann in solchen Fällen dasselbe Papierstück mehrere Male gebrauchen. Hatte ich z. B. eines unter die Rückenhaut eines ersten Frosches gebracht und ihn hierdurch getödtet, indem es über Nacht in ihm verweilte, so ging auch ein zweiter Frosch, in den man es am folgenden Tage einführte, zu Grunde. Liess ich dann dasselbe Papierstück in einer grösseren Menge kalten Wassers 24 Stunden lang liegen und spritzte dieses unter die Haut eines dritten Frosches, so starb auch dieser. Kleine Frösche unterliegen hier, wie in anderen Fällen, am Leichtesten.

Es war unter diesen Verhältnissen von Interesse, den Kochpunkt des Viperngiftes kennen zu lernen. Ich liess eine gewisse Menge desselben in eine gläserne Haarröhre emporsteigen, sog die Flüssigkeit eine Strecke weit in die Höhe und schmolz das untere Ende des Röhrchens zu. Tauchte ich dann dieses in Baumöl von 90° bis 100° C., so zeigte sich keine Veränderung. Das Gift fing mässig zu sieden an, so wie das Baumöl eine Wärme von 110° oder 115° C. erreicht hatte. Eine Wärme von 120° bis 122° brachte es in das heftigste Kochen. Die Flüssigkeit, welche unter diesen Verhältnissen 6 bis 8 Mal gekocht hatte, vergiftete Frösche mittlerer Grösse nicht mehr. Diese Erfahrungen wurden an den Giftmassen zweier Vipern gemacht.

23. Ich brachte eine mit Gift versehene und frisch befeuchtete Rechteckhälfte auf die beiden gegenseitig entfernten Platinbleche der stromzuführenden Vorrichtung und liess den Strom von sechs grossen mit verdünnter Schwefelsäure geladenen Zinkkohlenelementen eine Viertelstunde bis eine Stunde lang in den verschiedenen Ver-

suchen durchgehen. Nur die kräftige und lange anhaltende Elektrolyse zerstörte in einem Falle die Giftwirkung.

24. Hatte ich Köpfe von Vipern, die gestorben waren oder, scheinbar gesund und lebhaft, enthauptet worden, fünf Wochen lang in absolutem Weingeist liegen lassen, nahm dann ein Stück einer Giftdrüse fort und trocknete es bei 90° C., um den den Fröschen schädlichen Weingeist zu entfernen, so zeigte sich die von ihm befreite Drüsenmasse immer noch wirksam. Unter die Rückenhaut eines nicht sehr grossen Frosches gebracht, traten die ersten Lähmungserscheinungen schon nach wenigen Stunden auf. Die Behandlung des festen Rückstandes des Giftes oder das Kochen desselben mit gewöhnlichem Spiritus hob die Wirkung nicht auf. Diese Erfahrungen stimmen übrigens mit der allgemeinen Angabe, dass Giftschlangen noch schaden können, nachdem sie längere Zeit in Weingeist gelegen haben. Sie zeigt zugleich, dass das Eintrocknen der Giftdrüsen oder des Giftes bei 90° die Wirksamkeit nicht zerstört. Man kann sich auch hiervon unmittelbar überzeugen, wenn man Stücke der Giftdrüsen von Köpfen prüft, die man bei 90° getrocknet und dann ungefähr ein Vierteljahr in einem luftdicht verschlossenen Glase aufbewahrt hat.

25. Befeuchtete ich ein mit dem Gifte durchtränktes und dann getrocknetes Papierrechteck mit concentrirter Salpetersäure und brachte es unmittelbar darauf unter die Rückenhaut eines kleinen Frosches, so blieb dieser gesund. Dasselbe wiederholte sich bei der gleichen Anwendung starker wässriger Lösungen von Kali oder Natron. Ein Doppelversuch lehrte, dass auch das Ammoniak die Giftwirkung zerstören kann. Benetzte man ein mit getrocknetem Gifte versehenes Rechteck mit wässeriger Ammoniaklösung, so starb der Frosch nach der Einführung unter die Rückenhaut. Dieses Ergebniss konnte aber möglicher Weise von dem Ammoniak herrühren [1]). Ich befeuchtete daher ein anderes giftführendes Rechteck mit der Ammoniaklösung, liess diese einige Zeit darüber stehen und brachte dann das Ganze in eine Trockenvorrichtung, deren

---

1) Vergl. O. Funke, Ueber die Wirkung des Ammoniaks auf den thierischen Organismus. Freiburg 1874. 4. S. 9 ff.

Luftwärme 80° betrug. Führte ich hierauf das vollkommene trockene Papier unter die Rückenhaut eines kleinen Frosches ein, so blieb dieser gesund. Ich möchte dessenungeachtet die Aetzung der Bisswunde mit Salpetersäure oder sehr starker Kali- oder Natronlösung in Vergiftungsfällen für sicherer, als die mit wässrigem Ammoniak halten.

26. Das Flimmern der Muskelbündel, das jeder Muskelzusammenziehung in den vom afrikanischen Scorpione gestochenen Fröschen nachfolgt, konnte zu dem Nachweise dienen, dass das Gift seinen eigenthümlichen Einfluss selbst auf einen von dem übrigen Körper getrennten Froschschenkel ausübt [1]). Da jene Erscheinung die Vergiftung durch Viperngift nicht begleitet, so suchte ich die Frage in anderer Weise zu erledigen.

Ich enthauptete den Frosch, schnitt das Herz aus und führte ein mit trockenem Gifte versehenes Rechteck oder Wasser, in welchem der feste Rückstand des Giftes aufgeschwemmt war, unter den Hautschnitt des rechten Oberschenkels ein. Ein ähnlicher Hautschnitt wurde an dem anderen Oberschenkel gemacht, damit die Luft zu den Muskeln beider Schenkel dringen konnte. Hätte sich ausnahmslos gezeigt, dass die Empfänglichkeit des rechten Hinterbeines viel früher, als die des linken zu Grunde ging, so würde hierdurch die örtliche Giftwirkung wahrscheinlich gemacht. Ich stiess aber oft auf das Entgegengesetzte, ich mochte die schwächsten, noch wirksamen Inductionsschläge oder stärkere durch das Rückenmark, das Hüftgeflecht oder die Muskeln leiten. Da übrigens die Verschiedenheit der Einführung der Elektrodennadeln und die der Leitungswiderstände hier ausserordentlich täuschen kann, so darf ich nur behaupten, es sei mir bis jetzt nicht gelungen, die Vergiftung durch Viperngift bei Ausschluss des Kreislaufes nachzuweisen.

27. Die Entzündung, die Geschwulst, die Anschwellung und das Blauwerden der Bissstellen in warmblütigen Geschöpfen [2]) beweisen

---

1) Diese Zeitschrift Bd. XII. S. 172 u. 174.

2) Vergl. Fontana a. a. O. S. 75—131. M. Grollmuss, De Venenis regni vegetabilis et animalis. Jena 1844. 8. S. 51—52. Die ausführliche Schilderung von 4 zuletzt geheilten Fällen des Bisses von Vipera orserus gibt A. J. Hausmann, De morsu serpentum. Regiomonti. 1838. 8. pag. 18—27.

schon die örtlich ätzenden Wirkungen des Vipergiftes. Ich liess 0.046 oder ungefähr 1/20 Cubikcentimeter der gelben Flüssigkeit, die ich aus den Giftdrüsen einer kurz vorher gestorbenen und noch reizbaren Viper ausgedrückt hatte, in einem Haarröhrchen, das sich oben erweiterte, eintreten und blies sie hierauf in den Bindehautsack eines ungefähr 6 Wochen alten Kaninchens. Die Bindehaut entzündete sich sogleich auf das Heftigste. Reichliche Thränenmengen drangen zur Augenlidspalte hervor. Das Sehloch blieb mässig erweitert. Wollte man die geschlossenen Augenlider öffnen, so schrie das Thier auf das Lebhafteste. Alle diese Erscheinungen waren nach 24 Stunden verschwunden. Allgemeine Vergiftungszeichen mangelten.

28. Da die Vipern keine Nahrung (Regenwürmer, kleine Frösche und Froschtheile) zu sich nahmen, so gingen sie zuletzt zu Grunde. Diejenigen, welche ich täglich mit Wasser bespritzte, lebten länger, als die übrigen. Brachte man frisches Gras oder Heu in den Behälter, so wirkte dieses, wie es schien, eher nachtheilig als vortheilhaft. Die grosse Viper, die früher immer zum Beissen bereit war, lebte bei mir in der Gefangenschaft vier Monate. Keine Reizungsart konnte sie zum Fauchen oder Beissen in der letzten Woche bringen. Der auf die Giftdrüsen des todten Thieres ausgeübte Druck trieb eine geringe Menge einer gelblichen, nicht entschieden sauer reagirenden Flüssigkeit hervor, die gar nicht wirkte oder höchstens nur ungeschickte Bewegungen der Frösche erzeugte. Aehnliches wiederholte sich in anderen Vipern. Die schlechte Ernährung unterdrückte also die Absonderung eines kräftigen Giftes. Es wäre daher auch möglich, dass Vipern, die kurz vorher gegessen haben, positive Ergebnisse lieferten, wo die meinigen nur negative darboten.

Die Beschleunigung der Nervendegeneration.

Von

A. J. Gubowitsch, stud. med.

(Aus dem Tübinger physiologischen Institut.)

Ein im practischen Uebungscurs improvisirter Versuch, in welchem ein der Vertrocknung ausgesetztes Stück des in seinem Zusammenhang erhaltenen Nervus ischiadicus eines lebenden Frosches die bekannten Contractionserscheinungen der zugehörigen Muskeln hervorbrachte, gab den Ausgangspunkt zu der nachfolgenden Versuchsreihe, welche ich auf Veranlassung des Herrn Professors von Vierordt im Sommersemester 1876 ausführte. Die zahlreichen Versuche, welche bisher über die Wirkungen des künstlich vermehrten oder verminderten Wassergehaltes der Nerven auf die Nervenreizbarkeit angestellt wurden, vor allem die unter Harless's Leitung ausgeführten Studien Birkner's (Das Wasser der Nerven in physiologischer und pathologischer Beziehung. II. Auflage Augsburg 1858) beschränkten sich ausschliesslich auf das gewöhnliche Nerv-Muskelpräparat, so dass die Nachwirkungen dieser Eingriffe unbekannt geblieben sind. Der abgeschnittene Nervus ischiadicus wurde entweder der Imbibitionswirkung von Wasser oder der Vertrocknung an der Luft ausgesetzt und die Erregbarkeitsstufen des absterbenden Nerven von Zeit zu Zeit gemessen. Auf die bekannten Ergebnisse dieser Studien brauche ich hier nicht einzugehen.

Ursprünglich war in meinen Versuchen beabsichtigt, vor allem die Reizbarkeitsveränderungen des in seiner Continuität erhaltenen,

der Vertrocknung ausgesetzten, N. ischiadicus, sowohl während der Vertrocknung als auch in späteren Tagen genauer, zu bestimmen; da aber schon beim Beginn der Versuche eine andere unvorhergesehene Erscheinung, nämlich eine auffallende **Beschleunigung der Degeneration der Nervenfasern** bemerkt wurde, so wandte ich dieser Frage meine hauptsächliche Aufmerksamkeit zu.

In allen Versuchen wurde eine längere Strecke des Ischiadicus freipräparirt, der Rumpf des Frosches in fester Lage erhalten und der Nerv mittelst eines Doppelhäkchens von Glas hervorgezogen, um denselben beliebig lange Zeit einem allseitigen Luftcontact auszusetzen. Die betreffende Hinterextremität hieng frei herab, um die reizende Wirkung der Nervenvertrocknung auf die Muskeln auch in ihren ersten, oft nur schwachen Anfängen sicher beobachten zu können. Einzelne Willkürbewegungen des Gliedes brachten keine Störungen in den Verlauf der Versuche. Vielfach habe ich auch am abgetrennten Bein des Frosches bei sonst nnversehrtem Unterschenkel (dessen Haut nicht entfernt worden war) Vertrocknungsversuche am Ischiadicus angestellt, wobei sich durchschnittlich der Gang der Erscheinungen merklich anders gestaltete, als bei der Vertrocknung des Nerven in seiner Continuität am lebenden Thiere.

Der in seiner Continuität erhaltene vertrocknende Nerv ist nämlich viel weniger im Stande Zuckungen zu erregen als der auspräparirte; indem bei der ersten Versuchsweise über 40%, bei der zweiten bloss 15% aller Fälle keine Zuckungen boten. Meine Versuche wurden, wie erwähnt, im Sommer angestellt; Prof. von Vierordt versichert mich, seit Jahren den Versuch am auspräparirten Nerven von Winterfröschen, im geheizten Zimmer ausnahmlos mit positivem Erfolg angestellt zu haben. Auch beginnen bei meiner Versuchsweise die Zuckungen durchschnittlich ziemlich später als in den Experimenten mit auspräparirten Nerven. Demnach ist die Reizbarkeit des Nerven im letzteren Fall erheblich mehr gesteigert als bei meiner Versuchsweise; ich bemerke noch, dass ich mit Sorgfalt bemüht war, sämmtliche sonstige Vertrocknungsbedingungen in beiden Versuchsreihen gleich zu erhalten. Dass die Verdunstung auf dem blossliegenden Querschnitt des auspräparirten Nerven ohne wesentlichen Einfluss ist, beweist meine Erfahrung, dass der Beginn der Muskelzuckungen

keineswegs verzögert wird, wenn das freie Ende des Nerven mit einem feuchten thierischen Theil, z. B. Froschhaut bedeckt worden ist. Einflüsse der Temperatur lassen sich, wie nachstehende Tabelle zeigt, aus meinen Versuchen nicht erkennen; dagegen scheint ein Einfluss der Luftfeuchtigkeit (die mit einem genauen Haarhygrometer bestimmt wurde) wenigstens aus der ersten Reihe meiner Versuche hervorzugehen, indem bei den in der Continuität erhaltenen Nerven mit den negativen Fällen die grösste durchschnittliche Luftfeuchtigkeit verbunden ist, und die Durchschnittswerthe der letzteren etwas abnehmen in den Fällen mit mässigen, noch mehr aber in denen mit starken Muskelzuckungen. Zur Erläuterung diene die nachfolgende Tabelle.

		Zahl der Fälle		Durchschnittliche Temperatur in Celsiusgraden	Durchschnittliche Luftfeuchtigkeit	Durchschnittlicher Beginn der Zuckungen
		absolut	procentig			
Vertrocknung des in seiner Continuität erhaltenen Nerven	Starke Zuckungen	5	15.6	21.16	54.6	10.2 Minuten nach Beginn der Vertrocknung.
	Mässige u. schwache Zuckungen	14	43.8	20.01	57.8	17.4 Minuten nach Beginn der Vertrocknung.
	Keine Zuckungen	13	40.6	20.53	61.3	
Vertrocknung des ausgepräparirten Nerven	Zuckungen	22	84.6	21.67	48.1	9.4 Minuten nach Beginn der Vertrocknung.
	Keine Zuckungen	4	15.4	20.8	44.5	

Die einfache Wasserentziehung (durch Verdunstung) wirkt nicht bloss reizend auf den Nerven, sondern steigert auch, wie Harless zeigte, anfangs die Reizbarkeit desselben, die erst im späteren Verlauf der Vertrocknung wieder abnimmt und schliesslich völlig schwindet. Am Nerv-Muskelpräparat kann unter Umständen die blosse Berührung des vertrocknenden Nerven Muskelkrämpfe veranlassen, die ohne die Berührung erst später (vielleicht selbst gar nicht) sich eingestellt hätten. Aehnliches beobachtete ich auch bei meinen Versuchsbedingungen.

Wenn im späteren Verlauf der Vertrocknung die Reizbarkeit bedeutend abgenommen hat, so ist Berührung oder Druck des Nerven mit einer feinen Pincette häufig schon nicht mehr wirksam, wenn ein Oeffnungsinductionsschlag noch schwache Bewegungen erzielt. Die mechanische Reizung fand ich ohne Erfolg nach 30 Minuten; nur in einem Fall zeigten sich 55 Minuten nach Beginn der Vertrocknung noch schwache Wirkungen.

Der Inductionsschlag kann aber selbst nach 1 Stunde Vertrocknungszeit noch wirksam sein; nach 100 Minuten erzielte ich keine Bewegungen mehr.

Nach geschehener Vertrocknung, die in den verschiedenen Versuchen zwischen 18 bis 102 Minuten dauerte, wurde der Nerv möglichst in seine normale Lage zurückgebracht und die Hautwunde durch Nähte geschlossen. Die constanteste und auffallendste bleibende Nachwirkung der Eingriffe besteht darin, dass die Sensibilität des entsprechenden Hinterfusses viel stärker beeinträchtigt ist als die Motilität; erstere kann sogar vernichtet sein, während die Muskelbewegungen bloss stark geschwächt sind. Die Sensibilität wurde mit der Pincette und in vielen Fällen mit Säure von verschiedenen Verdünnungsgraden geprüft. Im allgemeinen bleiben die Störungen dieselben, wie sie schon unmittelbar nach der Vertrocknung des Nerven beobachtet werden, nur bei kurzer Vertrocknungszeit (z. B. 18 Minuten) kann die unmittelbare Nachwirkung sehr unbedeutend sein, während erst später nach 8—14 Tagen etwas deutlichere Sensibilitätsstörungen auftreten.

Die Sensibilität wurde mehr oder minder herabgesetzt in 12 Fällen von 18—18½—20—25 (zweimal)—30 (dreimal)—35 (dreimal) und 40 Minuten Vertrocknungsdauer; völlig vernichtet war sie schon in zwei Fällen von 30, einem Fall von 32 Vertrocknungszeit und 15 Fällen von 40 bis 102 Min. Vertrocknungsdauer. In den Fällen von geminderter, noch mehr aber aufgehobener Sensibilität lässt sich das Glied vorübergehend in jede anomale Lage bringen.

Die Motilität war normal in 3 Fällen von 18—20 Minuten Vertrocknung; in der Mehrzahl der Fälle mit längerer Vertrocknungsdauer war sie bloss stark beeinträchtigt. In vielen dieser Fälle zeigte, wie später erörtert wird, zwar die grosse Mehrzahl der Nerven-

fasern die verschiedensten Grade von Degeneration des Nervenmarkes, doch war noch eine grosse Anzahl von Fasern intact oder sie boten bloss stark ausgesprochene Gerinnungszustände des Markes, wie sie auch unter normalen Verhältnissen wahrgenommen werden können. Die Fälle der Art bieten also zur Erklärung der, wenn auch im sehr geminderten Grade noch fortbestehenden, Motilität keine Schwierigkeit.

Ich beobachtete aber einige Fälle von stark beeinträchtigter Motilität, in welchen sämmtliche Nervenfasern im Zustand der Markdegeneration begriffen waren. Bei der Durchschneidung der früher vertrockneten Nervenstrecke wurden dann auch schwache Zuckungen der Unterschenkelmuskeln wahrgenommen. Diese Thatsache, die ich einer weiteren Prüfung mit Recht empfehlen darf, beweist somit, dass der Axencylinder (der erst viel später der Degeneration anheimfällt) für sich allein die motorische Leitung, wenn auch in sehr gemindertem Grade übernehmen kann. Besonders auffallend ist ein Fall von 75 Minuten Vertrocknungszeit, mit völlig aufgehobener Sensibilität, aber bloss stark beeinträchtigter Motilität des Unterschenkels und Fusses. Bei der Schilderung der Nervendegeneration ist dieser Fall, weiter unten, genauer beschrieben; keine einzige Nervenfaser war am fünften Tag nach der Vertrocknung im intacten Zustand, gleichwohl traten bei Durchschneidung des früher vertrockneten Nervenstückes Zuckungen des Unterschenkels auf. Mehrere andere analoge Fälle kamen zur Beobachtung.

Dagegen fehlte die Zuckung der Unterschenkelmuskeln in Folge der Nervendurchschneidung selbstverständlich in den Fällen, in welchen die Motilität völlig aufgehoben war.

Den Zustand der Blutcirculation habe ich bloss in einigen Fällen geprüft. Bei 18 Minuten Vertrocknungszeit (und sehr geringen nachfolgenden Innervationsstörungen) war der Blutlauf in der Schwimmhaut am sechsten Tag vollkommen normal; in drei anderen Fällen (von langer Vertrocknungszeit von 62.5 — 68 Minuten) mit völlig aufgehobener Sensibilität und stark beeinträchtigter Motilität war zwischen dem fünften bis achten Tag nach der Vertrocknung die Circulation erheblich verlangsamt.

Im Verlauf der Vertrocknung wird der Nerv dünner und verliert von seiner weissen Farbe, die mehr ins Graue übergeht. Die Consistenz wird in hohem Grade verändert, so dass das während der Dauer der Vertrocknung mittelst eines Glasstäbchens etwas emporgehobene Nervenstück, auch nach Entfernung des letzteren, als ein steifer, bogenförmiger Strang seine anomale Lage und Form behauptet. Auch in allen späteren Stadien ist das äusserliche Ansehen des der Vertrocknung ausgesetzt gewesenen Nervenstückes ein abnormes, die Farbe ist mattgrau oder etwas gelblich, fast immer ist der Nerv dünner, nur in einem Fall (Vertrocknungsdauer 102 Minuten) fand ich den Nerven am 29. Tage etwas aufgequollen. Die Elasticität des Nervenstückes ist bleibend verändert; wird ein normaler Nerv mit einer feinen Pincette schwach gequetscht, so gleicht sich der Eindruck bald aus, während in dem, der Vertrocknung ausgesetzten, durch diesen Eingriff ein bleibender Eindruck entsteht.

Die mit der Degeneration verbundenen microscopischen Veränderungen habe ich in den verschiedensten Terminen nach der Vertrocknung untersucht.

Die Degeneration der Nervenfasern ist bekanntlich bis zu ihrem Abschluss mit einer Reihe von Veränderungen verbunden, die durch verschiedene Mittelzustände allmälig in einander übergehen. Anfangs ist das Nervenmark bloss empfindlicher gegen Zusätze und noch schneller gerinnbar als in der Norm; sodann entstehen immer zahlreichere seitliche Einschnürungen in die Marksubstanz, die später tiefer eingreifen, so dass das Mark der Quere nach in, von einander völlig getrennte, Einzelstücke abgetheilt ist; die Länge der letzteren übertrifft anfangs in der Regel die Nervenfaserbreite bedeutend. Diese länglichen Markstücke zerfallen sodann in kleinere, mehr abgerundete, die durch zahlreiche, runde oder rundliche Zwischenformen in jenen der Resorption allmälig anheimfallenden feinen molecularen Detritus übergehen, mit welchem die Fettmetamorphose des Markes abgeschlossen ist. Die collabirte Scheide enthält schliesslich nach Verschwinden des Markes nur noch den Axencylinder, der bekanntlich einem viel langsameren Degenerationsprocess unterliegt als das Mark. Damit soll aber nicht behauptet sein, dass die Veränderungen des Markes immer in der obigen

Reihenfolge auftreten. Wir werden bald sehen, dass in einzelnen Fällen ausgebildetere Formen der Degeneration direct, und ohne die entsprechenden Uebergangsformen vorher durchgemacht zu haben, eintreten können; namentlich kommen auch Nervenfasern von sehr verschiedenen Degenerationsstadien an derselben Stelle vor. Auch kann man vielfach die Erfahrung machen, dass der Inhalt einer und derselben Faser, die sich in längerer Strecke durch mindestens mehrere Sehfeldsbreiten verfolgen lässt, sehr verschiedene Stufen der Entartung bietet. Die Nerven zeigten auch in meinen Versuchen oberhalb der vertrockneten Stelle keine Structurveränderungen, wobei es sich aber von selbst versteht, dass unter den vorliegenden Versuchsbedingungen keine scharfe Grenzlinie zwischen dem normalen und dem degenerirten Inhalt der Nervenfasern vorhanden sein konnte.

In zwei Fällen beobachtete ich die unmittelbaren Wirkungen einer 60 und 65 Minuten hindurch fortgesetzten Vertrocknung des Ischiadicus. Das ausgeschnittene, trockene und sehr spröde Nervenstück musste selbstverständlich mit Wasser versetzt werden, um der Zerfaserung und der microscopischen Untersuchung überhaupt zugänglich zu werden. In beiden Fällen waren einzelne Nervenfasern völlig unversehrt, die grosse Mehrzahl aber der Fasern bot eine sehr starke Markgerinnung, wobei in einzelnen derselben der Axencylinder ohne weiteres auffallend sichtbar war. Quertheilungen des Markes kamen nirgends vor, dagegen zeigte das Mark in einzelnen Fasern runde Körper von $^1/_4$—$^1/_3$ Markbreite, offenbar als Producte einer sehr ungleich fortgeschrittenen Gerinnung.

War die Vertrocknungszeit nur kurz (20 Minuten), so zeigten, am zweiten Tag eine Anzahl von Fasern keine Abweichungen von der Norm; in anderen war die Markgerinnung stark, einige wenige enthielten stellenweise jene runden Körper im Mark, die, wie wir soeben gesehen haben, schon als unmittelbare Folge der Vertrocknung auftreten können.

Am dritten Tag (in einem Fall einer langen Vertrocknungszeit von 63 Minuten) war in vielen Fasern das Mark schon in längliche, der Quere nach völlig von einander abgetrennte viereckige Stücke zerfallen; die meisten der letzteren zeigten an 2—3 Stellen

bereits die Anfänge weiterer Quertheilungen. Andere Fasern boten kugelförmige Zerfallsproducte; manche der letzteren zeigten beginnende Einschnürungen, als Einleitung zur Trennung in zwei kleinere Kugeln. Dagegen waren die Fasern des Nervus peroneus noch normal oder zeigten nur ungewöhnlich starke Gerinnungsbilder.

Am fünften Tag (Vertrocknungszeit 75 Minuten) enthielt das unmittelbar vertrocknete Nervenstück einzelne Fasern mit länglichen, von einander abgetrennten Markstücken; in der grossen Mehrzahl aber war das Mark in kugelförmige Portionen von verschiedenen Grössen zerfallen. Ausnahmsweise war an einzelnen Stellen schon feinkörniger Zerfall vorhanden. Die kugelförmigen Zerfallsportionen kamen auch in einem peripheren Nervenstück vor, während aber die länglichen Markstücke fehlten. Ein oberes Stück des Peroneus zeigte noch viele normale Fasern, andere mit starken Gerinnungsbildern, noch andere mit Zerfall in runde Körperchen, ja selbst mit feinkörnigem Zerfall. In der Mitte seines Verlaufes bot dagegen der Peroneus keine Anomalie.

Am achten Tag nach der Vertrocknung wurden 5 Versuchsthiere getödtet. In einem Fall, mit sehr kurzer Vertrocknungszeit ($18\frac{1}{2}$ Minuten), in welchem die Sensibilität nur sehr wenig (am deutlichsten noch im Zehenbezirk) beeinträchtigt war und die Bewegungen nahezu normal erfolgten, bot die grosse Mehrzahl der Nervenfasern auffallend starke Gerinnungsbilder, während letztere im unversehrt gebliebenen Ischiadicus der anderen Seite viel weniger ausgebildet waren. Nur einzelne Fasern waren ganz unversehrt, ausserdem waren einige wenige auffallender Weise im vollen Zustand des feinen molecularen Zerfalls des Markes, ohne dass die gewöhnlichen Uebergangsstufen vorhanden waren. Das äussere Ansehen, namentlich die Farbe des Nerven, zeigte keine Anomalien.

Bei den übrigen Thieren dieser Periode dauerte die Vertrocknungszeit sehr lange. In einem Fall (Vertrocknungszeit 60 Min.) zeigte sich starke Gerinnung, vollendete Quertheilung, sowie molecularer Zerfall des Markes. In einem zweiten Exemplar (Vertrocknungszeit 65 Minuten) waren sogar alle Fasern des unmittelbar vertrockneten Nervenstückes im Zustand des vollendeten feinkörnigen molecularen Zerfalls. In einem dritten Exemplar (75 Minuten

Vertrocknungszeit) war an der unmittelbar vertrockneten Stelle das Mark nahezu aller Fasern in grössere und mittelgrosse runde Stücke zerfallen; nur wenige Fasern zeigten viereckige längliche Markstücke; einzelne aber den feinen molecularen Zerfall. Etwas weiter nach abwärts boten viele Fasern bloss starke Gerinnungsbilder, in anderen war das Mark in rundliche Portionen zerfallen. Der N. peroneus sogleich nach der Theilung des Ischiadicus zeigte noch viele normale Fasern, andere mit starker Markgerinnung, noch andere mit runden Körnern und ausserdem solche mit durchaus feinkörnigem Inhalt, und zwar kamen auffallender Weise diese letzteren etwas häufiger vor als in dem unmittelbar vertrockneten Nervenstück. In der Mitte seines Verlaufes zeigte der Peroneus nur starke Gerinnungsbilder.

Am neunten Tag (Vertrocknungszeit 25 Minuten) kamen einzelne intacte Fasern zur Beobachtung, was bei der kurzen Vertrocknungszeit nicht auffallen kann. Ohne Zweifel gehören die intacten Fasern dem centralen Innern des Nerven an. Andere boten Markgerinnung; die meisten den Zerfall in kugelrunde Markfragmente von verschiedener Grösse; eine ziemlich grosse Zahl war in feinem molecularem Zerfall begriffen. Im Peroneus und Tibialis waren die Veränderungen viel geringer.

Am zehnten Tag (Vertrocknungszeit 65 Minuten) kamen fast alle Stadien der Degeneration zur Beobachtung: starke Gerinnung, Quertheilungen und feiner molecularer Zerfall. Auffallenderweise waren einige wenige Fasern scheinbar vollkommen normal.

Aus den in die nächstfolgenden Tage fallenden Fällen hebe ich bloss zwei hervor mit je 30 Minuten Vertrocknungszeit. Der eine bot fast alle Zwischenstufen der Degeneration bis zur feinmolecularen Entartung des Markes, während in anderen, nebst degenerirten Fasern aller Stadien, auch eine Anzahl mit blosser Markgerinnung und selbst völlig intacte vorkamen.

Von 3 in den vierzehnten Tag fallenden Fällen seien 2 erwähnt; in dem einen, mit der kürzesten von mir überhaupt anangewandten Vertrocknungszeit (18 Minuten) war die Mehrzahl der Fasern intact, die übrigen in dem, dieser Zeit entsprechenden, Degenerationszustand. In dem zweiten Fall (40 Minuten Vertrock-

nungszeit) konnte wiederum die Wirkung der längeren Austrocknung nachgewiesen werden; sämmtliche Stadien der Degeneration (am häufigsten der moleculare Zufall des Markes) waren vorhanden; ausserdem aber einige wenige Fasern in völliger Integrität.

In einem Fall vom achtzehnten Tag (59 Minuten Vertrocknungszeit) überwogen die Fasern mit länglichen oder rundlichen Markfragmenten über die des molecularen Zerfalls; selbst eine Anzahl unversehrter Fasern kam vor. In einem zweiten Fall (von 82 Min. Vertrocknungszeit) dagegen waren nahezu alle Fasern der unmittelbar vertrockneten Stelle des Ischiadicus weit degenerirt; während im N. peroneus die Degeneration in der Regel nicht über die Bildung länglicher oder runder Zerfallsportionen hinausging. In diesem Fall konnte deutlich wahrgenommen werden, dass die runden Zerfallsportionen je von den Enden der länglichen abgetrennten Markstücke sich ablösten.

Der grosse Einfluss der Dauer der Vertrocknung der Nerven war wiederum an zwei am 28. und 29. Tag getödteten Thieren zu erkennen; in dem einen, mit 30 Minuten Vertrocknungszeit, war die Entartung auf Quertheilung des Markes vorzugsweise beschränkt, während der feinkörnige Zerfall sich selten zeigte und auch Fasern bloss mit starken Gerinnungsbildern vorhanden waren. In dem anderen Fall (102 Minuten Vertrocknungszeit) war theilweis das Mark in grössere oder kleinere runde Körper, in weitaus den meisten Fällen aber schon in feinste Körnchen zerfallen. Im Innern der grösseren runden Zerfallsportionen waren häufig kleinere runde Körper enthalten. Die Resorption des Markes war in manchen Fasern sogar schon weit fortgeschritten oder vollendet, indem dieselben theilweis oder ganz leer waren. Die Nervenzweige in der Gegend des Fussgelenkes zeigten zahlreiche Quertheilungen des Markes, wobei die länglichen Markstücke jeweils an ihren Enden direct in feine Fettkörnchen zerfielen.

In einem Fall am 32. Tag (bloss 35 Minuten Vertrocknungszeit) zeigten ziemlich viele Fasern keine Abweichungen oder nur starke Gerinnungsbilder, die übrigen alle Stadien der Entartung. Auch hier konnte an vielen grösseren quergetheilten Markstücken ein directer Uebergang in den molecularen Zerfall wahrgenommen

werden, indem diese an der ganzen Oberfläche (nicht bloss an den Enden) mit zahllosen Fettkörnchen besetzt waren. Der N. peroneus war in diesem Fall stärker degenerirt als der Tibialis; in beiden Nerven und zwar in ihrem ganzen Verlauf waren neben normalen Fasern degenerirte in allen Stadien enthalten; die centralen und die peripheren Stellen des Peroneus zeigten nur den Unterschied, dass in den ersteren die Zahl der degenerirten Fasern grösser war

Am 36. Tag (Vertrocknungszeit 48 Minuten): in wenigen Fasern runde Zerfallsportionen des Markes, in allen übrigen feinkörniger Zerfall. Nach Collodiumzusatz zeigten sich in manchen Fasern deutliche, intacte, scharfrändige Axencylinder.

Schliesslich seien noch 2 Fälle angeführt, in denen der Ischiadicus gegen Ende des Sommersemesters vertrocknet und die Degeneration erst am Anfang des Wintersemesters untersucht wurde. Nach 104 und 110 Tagen (60 resp. 35 Minuten Vertrocknungszeit) enthielten die Fasern entweder noch einen feinen molecularen Detritus, oder sie waren, völlig oder nahezu, marklos und collabirt.

Aus obigen Thatsachen geht hervor, dass die Degeneration der Nervenfasern durch das Eintrocknen derselben bedeutend beschleunigt wird, indem die Entartung — nicht zu kurze Vertrocknungszeit vorausgesetzt — schon am dritten Tag sehr erheblich vorwärts geschritten ist. Meine zahlreichen Erfahrungen mit ihren übereinstimmenden Ergebnissen überheben mich der genaueren Feststellung der allmäligen Nervendegeneration in Folge der einfachen Durchschneidung der Nerven. Die Chronologie dieser allmäligen Entartung ist meines Wissens an Nerven von Kaltblütern bis jetzt noch nicht genauer festgestellt worden; bloss Waller, der verdienstvolle Entdecker der Nervendegeneration, giebt kurze Termine an; alle anderen Forscher versichern aber, ohne jedoch bestimmte Zeitwerthe zu nennen, dass der Process im Kaltblüter „sehr langsam“ erfolgt.

Um den Einfluss der Vertrocknung auf die Sensibilität und Motilität festzustellen und den Vergleich mit der Norm immer vor Augen zu halten, musste die Hinterextremität der anderen Seite in meinen Versuchen intact gelassen werden. Nur in zwei Fällen habe ich eine Ausnahme gemacht und den Ischiadicus der anderen Seite einfach

durchschnitten. In dem einen Fall (60 Minuten Vertrocknungszeit) war, wie oben näher erwähnt wurde, die Degeneration am achten Tag weit vorgeschritten, während sie in dem bloss durchschnittenen Nerven erst im Beginn begriffen war. In dem zweiten Fall (wiederum 60 Minuten Vertrocknungszeit) war die Degeneration am 104. Tag, wie oben erwähnt, vollendet (feiner molecularer Zerfall oder völlige Marklosigkeit der Faser), während der einfach durchschnittene Ischiadicus in dieser langen Zeit nur den Zustand des feinkörnigen Zerfalls oder in vielen Fasern, der runden oder quergetheilten viereckigen Markstücke bot.

Ob andere Eingriffe (chemische Agentien, Wärmewirkungen, zahlreiche bis zur Erschöpfung fortgesetzte Inductionsschläge bei gleichzeitiger Verhütung der Wasserverdunstung u. s. w.) auf den in seiner Continuität erhaltenen Nerven in ähnlicher oder noch eingreifenderer Weise wie die einfache Wasserentziehung wirken, muss weiteren Erfahrungen anheimgestellt bleiben.

Zum Schluss spreche ich Herrn Professor Dr. von Vierordt für seine Hülfe in Wort und That meinen herzlichen Dank aus.

Ueber die Kost der italienischen Ziegelarbeiter.

Von

Prof. Dr. H. Ranke.

(Mittheilung an die Münchener morph.-physiol. Gesellschaft.)

Vor mehreren Jahren berechnete ich die sogenannte Schmalzkost der oberbayerischen ländlichen Arbeiter auf ihren Nährwerth. und war erstaunt zu finden, dass der einzelne Arbeiter bei dieser Kost etwa ebensoviel Eiweiss täglich verzehrt, als der englische Dockarbeiter bei fast ausschliesslicher Fleischkost zu sich nimmt.

Es scheint mir nicht uninteressant, auch die Kost der italienischen Arbeiter in Bezug auf ihren Nährwerth etwas näher ins Auge zu fassen.

Seit Jahren werden während der wärmeren Jahreszeit eine grosse Anzahl italienischer Arbeiter in den Ziegeleien der Umgebung Münchens beschäftigt. Diese Leute zeichnen sich durch eine ausserordentliche Einfachheit in Beziehung auf ihre Ernährung aus. Sie arbeiten in Accord und verköstigen sich stets selbst.

Auf der Ziegelei, die sich auf meinem Gute befindet, habe ich mich überzeugt, dass die dort beschäftigten Italiener buchstäblich von nichts Anderem leben, als von Polenta und Käse; dazu trinken sie ziemlich viel Wasser, niemals Bier, höchstens dann und wann ein Gläschen Branntwein.

Die Polenta wird aus geschrotetem Mais und Wasser ohne jeglichen Zusatz bereitet, der Käse ist fetter Allgäuer Rundkäse.

Die Arbeiter stehen unter der Controle eines italienischen Agenten, mit welchem die Arbeitscontracte abgeschlossen werden. und welcher für seine Arbeiter die Nahrungsmittel im Grossen besorgt.

Da ein solcher Agent meist mehrere hundert Mann unter sich hat und mit ihren beiden Nahrungsmitteln, Polentamehl und Käse.

versieht, so hat derselbe eine ziemlich genaue Kenntniss über das durchschnittliche Nahrungsbedürfniss seiner Leute.

Der Agent Leonardi Curidori, welcher die Arbeiter für meine Ziegelei vermittelt und in der Umgebung Münchens etwa 300 solcher Arbeiter unter sich hat, versichert mir, er brauche pro Kopf durchschnittlich 2 Pfd. Maismehl täglich und 2½ Pfd. Käse die Woche. Auf 1 Jahr berechnet ergiebt diess 730 Pfd. Maismehl und 130 Pfd. Käse pro Mann.

Maismehl enthält:

11.0% Eiweiss
7.0% Fett
67.6% Kohlehydrate.

Allgäuer Käse enthält nach Dr. Forster's Analyse:

32.2% Eiweiss
26.6% Fett.

Auf Grund dieser Ansätze ergiebt sich für den italienischen Ziegelarbeiter ein Jahresbedarf von in runder Summe 61 Kilo Eiweiss, 43 Kilo Fett und 246 Kilo Kohlehydrate

oder auf den Tag berechnet von 167 Grm. Eiweiss, 117 Grm. Fett und 675 Grm. Kohlehydrate.

Wie viel von diesen colossalen Mengen von Nahrungsstoffen wirklich zur Aufnahme gelangt, und wie viel im Koth unbenützt wieder abgeht, muss einstweilen dahin gestellt bleiben. Es ist anzunehmen, dass ähnlich wie beim Pumpernickel ein bedeutender Procentsatz des Genossenen unverbraucht den Körper wieder verlässt.

Die Arbeitsleistung bei dieser Kost ist jedenfalls eine beträchtliche, insonderheit arbeiten die Leute vom frühen Morgen bis zum Abend ruhig und stetig fort; doch hat man die Erfahrung gemacht, dass die Italiener einer plötzlichen stärkeren Anstrengung weniger gewachsen sind als die oberbayerischen Arbeiter.

In wie fern dieser Unterschied auf Ernährungsverhältnisse zurückzuführen ist, oder ob derselbe nicht vielmehr auf Raceverschiedenheit beruht, dürfte schwer zu entscheiden sein. Die Italiener sind im Allgemeinen etwas kleiner und schwächer als die Altbayern.

77..2-1

ZEITSCHRIFT

FÜR

BIOLOGIE

VON

L. BUHL, M. v. PETTENKOFER, C. VOIT,
PROFESSOREN AN DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN.

XIII. Band.

II. Heft.

Inhalt:

MÜNCHEN, 1877.
DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

Ueber den Nachweis des Stoffwechsels in der Leber.

Von

Dr. C. Flügge,

Assistenten am pathologisch-chemischen Laboratorium zu Leipzig.

Die Versuche, den Stoffwechsel eines thierischen Organs kennen zu lernen, lassen sich leicht nach den verschiedenen methodischen Hilfsmitteln gruppiren, die bei diesen Experimenten in Anwendung kommen. Entweder werden durch die anatomische Zergliederung Aufschlüsse über organische Functionen erwartet und der Bau des einzelnen Organs, sowie seine Entwicklung im Individuum und in der Thierreihe festgestellt; oder physikalische Eigenschaften eines Organs und seiner Bestandtheile interessiren und werden mit den speciellen Hülfsmitteln erforscht und gemessen; oder die chemische Analyse wird auf das Organ und alle die Körpersäfte, die zu demselben in Beziehung zu treten scheinen, applicirt; oder endlich abnorme Zustände werden entweder experimentell gesetzt oder in gegebenen pathologischen Zuständen beobachtet, um aus dem Effect dieser Veränderungen Anhaltspunkte zu weiteren Schlüssen zu gewinnen.

Mit besonderer Vorliebe ist in den letzten Jahrzehnten die Methode der chemischen Analyse zur Erforschung der functionellen Beziehungen der Organe verwandt. Im wesentlichen waren es drei Wege, die man bei diesen Untersuchungen einschlug. Zunächst analysirte man die Secrete einzelner Organe; fand man in diesen Bestandtheile, die im zuströmenden Blute nicht enthalten waren, so nahm man an, dass diese in den eigenthümlichen Zellen des Organs gebildet würden. Ferner untersuchte man die Substanz des

Organs selbst; fanden sich hier grössere Mengen specifischer Stoffe, die in geringerer Menge oder gar nicht im Blute nachweisbar waren, so übertrug man die Bildung dieser Stoffe dem functionirenden Organ. Drittens endlich suchte man einen näheren Einblick in den Stoffwechsel zu gewinnen, indem man das zu- und abströmende Blut eines Organs der Analyse unterwarf; nachgewiesene Differenzen in den Blutbestandtheilen bildeten dann die Grundlagen für eine genauere Feststellung des Stoffumsatzes, der aus dem Functioniren eines Zellencomplexes resultirt.

Kein Organ wurde von diesen Untersuchungen und den sich daran knüpfenden Hypothesen mehr betroffen, als die Leber. Ihre vorwiegende Grösse, die eigenthümlichen Verhältnisse ihrer Blutcirculation, ihr Functioniren in frühesten entwicklungsgeschichtlichen Epochen, ihre weite Verbreitung im Thierreich bis zu niederen Thierstufen herab, liessen ahnen, dass ihr eine wesentliche Rolle im thierischen Haushalt zukomme.

Auch auf die Leber wurde demgemäss die chemische Analyse in jenen 3 Methoden angewandt und auch auf sie die üblichen Schlussfolgerungen übertragen. Man fand in der Galle eine Fülle specifischer im übrigen Körper nicht verbreiteter Stoffe; diese wurden zunächst als eigenthümliche Produkte der Leberthätigkeit angesehen. Man untersuchte dann die Lebersubstanz, fand hier auffallende Mengen von Zucker, Glycogen, Harnstoff; auch die Bildung dieser Stoffe wurde daher der Leber zugeschrieben. Damit war aber noch nicht eigentlich Kenntniss darüber erlangt, welches Material der Leber zur Lösung dieser mannigfachen Aufgaben diente und welcher Umfang der Thätigkeit in dem ihr zufallenden Bruchtheil des Gesammtstoffwechsels enthalten war. Um diese Fragen zu lösen, versuchte man, den dritten Weg einzuschlagen, nämlich den der vergleichenden Analyse des zu- und abströmenden Blutes der Leber. Hierbei wurden von den verschiedenen Forschern entweder nur einzelne besonders interessirende Bestandtheile berücksichtigt, oder, in selteneren Fällen, wurden Totalanalysen des zu- und abströmenden Blutes unternommen.

Zu jenen chemischen Verbindungen, die am häufigsten Anlass zu vergleichender Bestimmung ihrer Quantitäten im Pfortader- und

Lebervenenblut gaben, gehört vor allen Dingen der Zucker. Cl. Bernard fand zuerst den reichlichen Zuckergehalt der Lebersubstanz, dann den grösseren Gehalt des Lebervenenbluts an Zucker gegenüber dem Pfortader- und überhaupt allen übrigen Blutarten; er gründete darauf die Aufstellung einer neuen Function der Leber, die er die glycogene nannte [1]). Dies war der Ausgangspunkt eines lebhaften Streites, der von einer Reihe von physiologischen Forschern mit anhaltender Energie bis in die Gegenwart fortgeführt ist. Anfangs waren es wesentlich Gegner der Bernard'schen Theorie, die, wie Colin, Figuier, Bérard die abweichenden Resultate ihrer Untersuchungen und ihre anders lautenden Deutungen veröffentlichten; sie wurden jedoch durch Bernard selbst und Lehmann widerlegt [2]); die glycogene Function der Leber stand in der Folge jahrelang unangefochten da, und erschien nur um so plausibler, als Bernard und Hensen [3]) den Glycogengehalt der Leber entdeckten und Lehmann [4]) kurz zuvor den Untergang von Fibrin und Eiweiss im Blute der Leber nachwies. Denn damit war über Abstammung und Entstehung des von der Leber producirten Zuckers alles wünschenswerthe gegeben; Fibrin und Eiweiss waren seine Muttersubstanzen, Glycogen deren nächstes Spaltungsprodukt, Zucker selbstverständlich der leicht entstehende Abkömmling des Glycogens.

1862 trat Pavy [5]) der herrschenden Anschauung von der zuckerbildenden Function der Leber entgegen, indem er die zu Grunde liegenden Untersuchungen Bernard's als fehlerhafte bezeichnete. Er wies nach, dass erstens der Zuckergehalt der Lebersubstanz eine postmortale Erscheinung sei, dass die Leber des lebendigen Thiers keinen Zucker enthalte; dass zweitens das Blut

---

1) Bernard, nouv. fonct. du foie. Paris 1853. leç. de physiol. expérim. Paris 1855.

2) Figuier, Compt rend. T. XLIV. Gaz. hebdom. T. IV. — Bérard, Bull. de l'Acad. T. XXII Bernard, Compt rend. T. XLIV. — Lehmann's Kritik in Schmidt's Jahrb. d. ges. Med. 1858. Nr. 1.

3) Bernard, Union médic. 1859. — Hensen, Verh. der phys.-med. Ges. zu Würzburg 1856.

4) Lehmann, Untersuchungen etc. — Verh. der Kön. Sächs. Ges. der Wiss., math.-physik. Cl. 1855.

5) Pavy, Research on the nat. and treat. of diabet. Lond. 1862.

der Lebervenen, dem wirklich normalen Thier entnommen, nicht mehr Zucker enthalte, als das Blut anderer Gefässbezirke. Auf jene 2 Befunde hatte Cl. Bernard seine Theorie von der zuckerbildenden Function gegründet; Pavy erwies die Befunde als falsch, und consequenter Weise leugnete er nunmehr die Berechtigung, jene glycogene Function der Leber fernerhin anzunehmen.

Dieser energische Widerspruch gegen eine scheinbar sicher stehende Lehre veranlasste viele Forscher, die einschlagenden Versuche zu wiederholen. Nur Lusk[1]) und Tieffenbach[2]) gelang es, eine Differenz im Zuckergehalt des Lebervenen- und Pfortaderblutes zu constatiren, jedoch in weit geringerem Grade, als es bei den Bernard'schen Versuchen der Fall war; auch diese bestätigenden Experimente wurden indess als nicht frei von Fehlern gefunden, die wesentlich in der Methode der Entnahme des Blutes bestanden. Die mit möglichster Vorsicht angestellten Untersuchungen von Mc. Donnell[3]), Meissner[4]), Ritter[5]), Eulenburg[6]), Tscherinoff[7]) und in neuester Zeit von Abeles[8]) hatten dagegen das übereinstimmende und nicht mehr angezweifelte Resultat, dass im Lebervenenblut des normalen lebenden Thieres nicht mehr Zucker enthalten sei, als in dem Blut der übrigen Gefässbezirke, und dass auch die Leber während des Lebens keinen Zuckergehalt besitze. In völliger Uebereinstimmung unter einander und mit Pavy ziehen diese Forscher aus dem negativen Ergebniss ihrer Analysen den Schluss, dass innerhalb der Leber kein Zucker producirt werde, dass überhaupt das durch die Leber circulirende Blut in Bezug auf seinen Zuckergehalt keine Veränderung erfahre.

---

1) Lusk, on the origin of diabetes. New York medical Journal 1870.
2) Tieffenbach, Ueber die Existenz der glycogenen Function der Leber. Inaug.-Diss. Königsberg 1869.
3) Mc. Donnell, Journ. of anat. and phys. II. 275.
4) Jahresberichte 1862. p. 310.
5) Ritter, Zeitschr. f. rat. Med. 3. Reihe. Bd. 24.
6) A. Eulenburg, Vierteljahrsschr. d. naturf. Ges. in Zürich. 1867. XII. — Berliner klinische Wochenschrift 1867. Nr. 41.
7) Tscherinoff, Centralblatt f. d. medic. Wiss. 1867. Nr. 5.
8) Abeles, Wiener medic. Jahrbb. 1875.

Zum Zucker stand in naher Beziehung nach Lehmann's und Bernard's Anschauung das Fibrin; Lehmann's auf das Vorkommen dieses Körpers gerichtete Untersuchungen des Lebervenen- und Pfortaderblutes hatten vollkommenen Fibrinmangel im austretenden Blut und daher dessen Untergang in der Leber erwiesen. Mehrfache Bestätigungen durch Funke u. A. schienen dies analytische Ergebniss und seine Schlussfolgerungen zu sichern. Erst im Jahre 1866 gelang es David [1]), die Fehlerquellen aufzudecken, die Lehmann zu seinen völlig falschen Resultaten geführt hatten, und die wesentlich darin bestanden, dass er das Lebervenenblut bis fast 1 Stunde nach dem Tode des Thieres in den Gefässen liess und damit dem Einfluss der sich rapide bildenden Zersetzungsprodukte der Leber aussetzte; eine Neutralisation des Blutalkalis und eine mehr weniger vollständige Ausfällung der fibrinoplastischen Substanz schon innerhalb der Gefässe musste die unausbleibliche Folge sein. Unter Berücksichtigung gehöriger Cautelen gelang es David stets, den normalen Fibringehalt des Lebervenenbluts nachzuweisen; er kommt daher zu dem Schluss, dass in der Leber kein Fibrin zu Grunde gehe, und dass speciell Fibrin nicht die Quelle etwa gebildeten Zuckers sein könne.

Noch über einen weiteren Bestandtheil des Blutes hat eine specielle Controverse mit Rücksicht darauf stattgefunden, ob derselbe im zu- und abströmenden Blut der Leber in verschiedenen Mengenverhältnissen enthalten sei. Von Meissner [2]) wurde im Jahre 1866 zunächst in der Lebersubstanz ein auffallend grosser Harnstoffgehalt gefunden. Auf Grundlage dieser Entdeckung stellte Meissner die auch durch viele andere Thatsachen gestützte Hypothese auf, dass der Leber eine wesentliche Betheiligung bei der Harnstoffbildung zukomme; das Raisonnement, dessen Schluss die neue Leberfunction bildete, war ein so einleuchtendes, dass es wohl von den meisten Forschern als eine höchst erwünschte Bestätigung dieser Lehre begrüsst wurde, als Cyon [3]) im Jahre 1870 bei An-

1) David, Ein Beitrag zur Frage über die Gerinnung des Lebervenenbluts etc. Dissertation. Dorpat 1866.

2) Meissner, Zeitschr. f. rat. Medicin, 3. Reihe. Band XXXI.

3) Cyon, Centralbl. f. d. medic. Wiss. 1870.

stellung einiger Blutdurchleitungsversuche durch die ausgeschnittene Leber eine mit der Dauer der Durchströmung steigende Vermehrung des Harnstoffgehalts im abströmenden Blute fand. Leider konnte jedoch Gscheidlen [1]) später nachweisen, dass Cyon so erhebliche Fehler bei der Bestimmung des Harnstoffs begangen hatte, dass seine Versuche zur Stütze der Meissner'schen Anschauung nicht herangezogen werden können. Gscheidlen wiederholte die Cyon'schen Durchleitungsversuche und bekam durchaus negative Ergebnisse; alsdann analysirte er, wie Meissner, die Lebersubstanz, fand aber, wenn er die in den ausgeschnittenen Lebern enthaltenen Blutmengen gebührend berücksichtigte, den dem Lebergewebe zukommenden Harnstoffgehalt stets geringer als den des Blutes. Endlich entnahm Gscheidlen auch noch dem lebenden Thier Lebervenenblut und Blut der Vena cava, und fand in ersterem niemals erheblich grössere Quantitäten Harnstoff als in den übrigen Blutarten. Gscheidlen legt dann noch besonders durch Bestimmung der Fehlergrenzen seiner Analysen einerseits und der im Leberblut unter Voraussetzung reichlicher Harnstoffbildung in der Leber zu erwartenden Harnstoffmengen andererseits die Unmöglichkeit dar, dass eine irgend erhebliche Harnstoffproduktion der Analyse hätte entgehen können, und so kommt er demgemäss zu dem Schluss, dass in der Leber keine wesentliche Ursprungsstätte des Harnstoffs enthalten sei, weil keine Harnstoffvermehrung im abströmenden Blut sich nachweisen lasse. Munk [2]) hat neuerdings durch eingehende Prüfung der bisher eingeschlagenen Methoden der Harnstoffbestimmung gezeigt, dass in den Analysen von Meissner und Gscheidlen geringe Fehler enthalten sind; auch er findet in der Lebersubstanz weniger Harnstoff als im Blut und schliesst sich den Schlussfolgerungen Gscheidlen's an.

Wir sehen mithin mannigfache, durch viele Jahre sich hinziehende Untersuchungen vor uns, die dem Auffinden von Differenzen im Gehalt des zu- und abströmenden Blutes der Leber an Zucker, Fibrin und Harnstoff gegolten haben. Betreffs jedes einzelnen dieser

1) Gscheidlen, Studien über den Ursprung des Harnstoffs. Leipzig 1871.
2) J. Munk, Pflüger's Archiv. Band XI. 1875.

Körper sind die Forschungen schliesslich zu dem Resultat gekommen, dass kein durch die Analyse nachweisbarer Unterschied in der Quantität dieser Bestandtheile im Pfortader- und Lebervenenblut besteht. Aus diesem gemeinsamen Resultat sehen wir dann für jeden dieser drei Körper den übereinstimmenden Schluss gezogen, dass derselbe von irgend einer Function der Leber überhaupt nicht berührt wird, dass keine Aenderung seiner Menge im Blute während des Durchströmens durch die Leber stattfindet.

Ueber Totalanalysen der Leberblutarten haben wir, wenn wir von den in die frühesten Epochen der physiologischen Chemie hinaufreichenden Analysen Simon's absehen, noch keine Controversen. Wir sind bisher in dieser Hinsicht nur auf die Untersuchungen Lehmann's angewiesen, deren Resultate mit Ausnahme jener bereits oben besprochenen, auf den Zucker- und Fibringehalt des Blutes bezüglichen Analysen unangefochten dastehen und von fast allen einschlagenden Hand- und Lehrbüchern als feststehende Thatsachen adoptirt sind. Eine kurze Erörterung der von Lehmann angewandten Untersuchungsmethoden wird zeigen, in wie weit seine Resultate dies Vertrauen verdienen.

Lehmann stellte seine ersten Versuche 1850 [1]) an Pferden an, die durch Einblasen von Luft in die Vena jugularis getödtet waren. Nach dem Sturze des Thiers wurde die Bauchhöhle eröffnet, dann die grösseren Zweige der Pfortader und Lebervenen unterbunden, die Gefässe sorgfältig getrennt, und dann aus denselben das Blut gesammelt. Lehmann fand in den untersuchten Blutarten sehr beträchtliche Unterschiede; vor allem vollkommenes Fehlen des Fibrins im Lebervenenblut, während das Pfortaderblut 0.5 bis 0.6 % Faserstoff enthielt. Wie oben erwähnt, hat schon David diese Angabe berichtigt. Ausserdem beobachtete Lehmann, dass das Lebervenenblut stets eine viel grössere Menge Cruor abschied, als das Pfortaderblut. Betrachten wir einen einzelnen Versuch, z. B. Nr. V [2]), so stellte sich in diesem die Differenz folgendermaassen heraus:

---

1) Lehmann, Ber. über die Verh. der Kön. Sächs. Ges. d. Wiss., math. physik. Cl. 1850. 30. Nov.

2) l. c pag. 156.

	Pfortader.	Lebervene.
Blutzellen	256.928	578.476
Intercellularflüssigkeit . .	743.072	421.524
	1000.000	1000.000.

Differenzen im Wassergehalt fand Lehmann z. B. im Versuch Nr. VI [1]) bis zu folgendem Grade:

Gesammtblut.	Pfortader.	Lebervene.
Wasser	85.998	73.585
Feste Bestandtheile . . .	14.001	26.415.

Das Serum des Lebervenenbluts enthielt sehr viel weniger Wasser, ferner im Rückstande 1/8 weniger Albumin, 1/4 weniger Fett, 2 bis 3 mal mehr Extractivstoffe und fast die Hälfte weniger Salze, als das Pfortaderblut. Die Blutzellen des Lebervenenbluts waren ärmer an Wasser und Eisen, reicher an Globulin, Extractivstoffen und Salzen. Es gelang Lehmann, diese merkwürdigen und scheinbar sich widersprechenden Resultate als vollkommen mit einander im Einklang darzustellen und eine wahrscheinlich klingende Hypothese über die Beziehungen der in den verschiedenen Blutbestandtheilen gefundenen Differenzen zu den Functionsäusserungen der Leber aufzustellen. Das zu Grunde gehende Fibrin verarbeitet nach Lehmann [2]) die Leber zu Gallenbestandtheilen und Zucker; das Albumin verwendet sie zur Bildung neuer Blutzellen; die Bestandtheile des Serum und speciell die Salze benutzt sie zur Gallenbereitung, lässt aber einen Theil der Serumsalze auch in die Blutkörperchen übertreten; sie producirt schliesslich bei allen diesen Thätigkeiten eine grosse Menge von Extractivstoffen.

Im Jahre 1855 setzte Lehmann [3]) seine Versuche fort, indem er zunächst wiederum an Pferden Untersuchungen von Blut aus verschiedenen Arterien und Venen vornahm, die ebenfalls die wunderbarsten Differenzen und ihm damit Veranlassung gaben, weitere Speculationen über den Verbrauch der Blutbestandtheile in ver-

---

1) l. c. pag. 145.
2) l. c. pag. 162.
3) Lehmann, Berichte über die Verh. der Kön. Sächs. Ges. d. Wiss., math.-physik. Cl. 1855. 17. Nov.

schiedenen Organen daran zu knüpfen. Von mehr Interesse für die vorliegenden Untersuchungen sind jedoch fernere vergleichende Analysen des Lebervenen- und Pfortaderbluts bei Hunden. Hier beschreibt auch Lehmann die Operationsmethoden, die der Gewinnung der Blutarten vorausgingen, genauer wie bei den vorerwähnten Versuchen an Pferden. Die Hunde[1]) wurden durch einen Schlag auf den Kopf getödtet; dann die Unterleibshöhle geöffnet; die untere Hohlvene über und unter der Einmündungsstelle der Lebervenen unterbunden; dann die Pfortader an ihrer Einmündung in die Leber ligirt; noch eine Schlinge um dieselbe gelegt, durch Streichen mit zwei Fingern das Blut nach den Mesenterial-Gefässen zu zurückgedrängt, in das blutleere Stück der Pfortader eine zweimal rechtwinklig gebogene Glasröhre eingebunden und dann das Blut ausfliessen gelassen, jedoch nicht mehr als ca. 60 ^{cc}; durch Pressen der Därme muss dabei der Blutstrom befördert werden; bei einiger Uebung soll es gelingen, so rasch zu operiren, dass die gewünschte Quantität Blut, ja zuweilen noch etwas mehr, vor dem Zähwerden und Gerinnen des Bluts erhalten wird. Alsdann wendet Lehmann den abgeschnürten Lebervenen seine Aufmerksamkeit zu und entnimmt auch aus ihnen auf nicht näher angegebene Weise die nöthigen Blutportionen.

Erstaunliche Differenzen waren auch hier stets das Resultat der chemischen Analyse beider Blutarten. Abgesehen von dem wiederum constatirten Fibrinmangel im Lebervenenblut fand Lehmann z. B. im Versuch III[2]) folgende Zahlen:

Gesammtblut.	Pfortader.	Lebervene.
Wasser	79.775	71.549
Feste Stoffe	20.225	28.451
Feuchte Blutzellen (nach C. Schmidt)	44.940	74.764
Intercellularflüssigkeit	55.060	25.236.

Im Ganzen fand Lehmann die Verhältnisse beim Hundeblut den schon constatirten beim Pferdeblut analog; die Differenzen entsprachen seiner Erwartung, und seine früher gezogenen Schlüsse fanden eine erwünschte Bestätigung.

1) l c pag. 114—115
2) l. c. pag. 101.

Es kann wohl Keinem, der die Lehmann'schen Arbeiten aufmerksam durchliest, verborgen bleiben, dass in den hier mitgetheilten Versuchen eine Fülle von Fehlerquellen enthalten ist, die die Resultate zu höchst problematischen machen. Vor allen Dingen waren die Blutproben nicht dem lebenden Thier entnommen, während sie doch zur Feststellung des Stoffwechsels des lebenden Organismus herangezogen werden. Das aus so vielen leicht zerfallenden organischen Verbindungen zusammengesetzte Blut wird selbstverständlich auch innerhalb der Gefässe einer Veränderung seiner Constitution nicht entgehen können, sobald die Circulation wegfällt, die eine fortgesetzte innige Mischung, eine stetige Aufnahme neuer Elemente, eine ebenso stetige Ausscheidung solcher Stoffe bewirkt, die durch stärkere und längere Anhäufung die einheitliche und in engen Grenzen constante Zusammensetzung des Blutes stören müssen. Zu diesen spontanen Umsetzungen, die nach dem Aufhören der Blutbewegung innerhalb der Blutbestandtheile zweifellos vor sich gehen werden, treten bei einem längeren Stagniren einer begrenzten Blutportion innerhalb thierischer Organe sicher noch Veränderungen, die durch den endosmotischen Verkehr zwischen Blut- und Organbestandtheilen hervorgerufen werden müssen. Zumal im Gebiet der leicht zersetzlichen Leber, von der wir wissen, dass sie schon in kürzester Zeit nach dem Tode durch die auftretende sauere Reaction den Beweis lebhaftester in ihr ablaufender Zersetzungsvorgänge liefert, muss der Einfluss der entstehenden fremdartigen Bestandtheile in bedenklicher Weise die Beschaffenheit von dort stagnirendem Blut alteriren.

Diese a priori einleuchtende und gewiss von Niemand angezweifelte Anschauung hat zum Ueberfluss noch eine experimentelle Bestätigung durch einige Versuche von David erfahren[1]). Derselbe untersuchte Pferdeblutserum theils frisch, theils nachdem er es 1 bis 2 Stunden in der Leber eines getödteten Pferdes hatte stagniren lassen. Er fand im letzteren eine bedeutende Abnahme an Wasser [91.5% zu 85.3%], eine sehr beträchtliche Vermehrung der Extractivstoffe, des Zuckers etc. Eine ähnliche, in ihren Ein-

1) David, l. c.

zelheiten nicht controlirbare Veränderung müssen auch die Blutarten, die Lehmann zur Untersuchung nahm, und vor allem sein Lebervenenblut erlitten haben. Zweitens sind Lehmann dadurch, dass er im Lebervenenblut das von ihm nicht gefundene Fibrin resp. dessen Factoren und das freie Globulin als Zellen verrechnet, auch für die Gesammtberechnung und speciell für die Differenzen zwischen dem Zellengehalt der beiden Blutarten Fehler von beträchtlicher Grösse erwachsen. Dieser Irrthum erweist sich als so bedeutend, dass David, indem er die Lehmann'schen Berechnungen mit Rüchsicht auf diesen Fehler umrechnet, sogar zu dem Resultat kommt, dass die Blutzellen im Lebervenenblut nicht vermindert, sondern vielmehr vermehrt sind. Drittens ist ein berechtigter Einwand gegen die von Lehmann angewandten analytischen Methoden zur Bestimmung der Einzelbestandtheile zu erheben. Spätere Untersuchungen haben zur Genüge dargethan, dass wir bei der Bestimmung des Fibrins, des Blutcruors, des Albumins etc. nach den Lehmann'schen Methoden uns innerhalb sehr weiter Fehlergrenzen bewegen; Lehmann hat aber nie die Grösse der möglichen Fehler seiner Analysen bestimmt, sondern gibt nur an, dass er stets zwei Controlbestimmungen gemacht und wenn diese nicht übereingestimmt, noch eine dritte zugefügt habe. Man darf sich gewiss nicht verführen lassen, in der Angabe der analytischen Resultate bis auf $^1/_{10000}$ Procent einen Beweis für die Genauigkeit der von Lehmann ausgeführten Untersuchungen zu finden; solche Angaben sind immer nur der Ausdruck der rechnerischen Sorgfalt, nicht aber der analytischen Genauigkeit.

Die aufgeführten Bedenken gegen die Ergebnisse der Lehmann'schen Untersuchungen sind so zahlreiche und so schwerwiegende, dass es nicht mehr statthaft erscheint, diese Resultate einer Hypothese über die Functionen der Leber zu Grunde zu legen. Nicht eine der von Lehmann gefundenen Differenzen erscheint so sicher gestellt, dass wir in ihr einen Ausdruck des normalen Stoffwechsels der Leber zu sehen berechtigt wären.

Die exacteren und hinreichend controlirten Analysen, die auf jene drei einzelnen besonders interessirenden Blutbestandtheile, den Zucker, das Fibrin und den Harnstoff gerichtet waren, haben, wie

wir oben gesehen, sämmtlich zu negativem Resultat geführt und haben uns keine Function der Leber kennen gelehrt.

Da aber doch die Mengen von Galle und Lymphe, die fortwährend innerhalb der Leber aus dem Blute ausscheiden, Zeugniss geben für den steten intensiven Stoffwechsel in der Leber, so drängt sich unwillkürlich der Gedanke auf, dass es doch der vergleichenden Analyse der Leberblutarten unschwer gelingen müsse, qualitativ und quantitativ diesen Stoffwechsel nachzuweisen: und aus dieser Ueberzeugung einerseits, aus dem negativen Ergebniss der auf Zucker, Fibrin und Harnstoff gerichteten Untersuchungen, sowie aus der völligen Unzulänglichkeit der Lehmann'schen Analysen andererseits, folgerte sich für mich der Wunsch, von neuem durch eine vergleichende Bestimmung der Bestandtheile des zu- und abströmenden Blutes eine Feststellung der Function der Leber zu versuchen.

Bei der Disposition dieser Versuche liess ich mich vor allem von der Ueberlegung leiten, dass ich nur solche Substanzen zur Analyse heranziehen dürfte, für deren Bestimmung wir exacte und sichere Methoden kennen. Es ist durch die Beobachtungen von Ranke, v. Wittich, Westphalen u. A. festgestellt, dass täglich in 24 Stunden pro Kilogramm Körpergewicht circa 14 gr. frische und 0.48 gr. trockene Galle secernirt werden; da die Versuche nur auf die Beobachtung von kürzeren Zeiträumen angewiesen waren und da mir keine grösseren Thiere als Hunde zur Verfügung standen, so war es einleuchtend, dass die Differenzen in den Blutbestandtheilen, entsprechend der kleinen auf die beobachtete Zeit fallenden Gallenmenge, als verhältnissmässig gering erwartet werden mussten. Andererseits sind viele der Methoden zur Analyse der im Thierkörper vorkommenden Verbindungen mit so viel Mängeln behaftet, dass leicht durch in der Methode begründete Fehler Differenzen vorgetäuscht werden konnten. Ich durfte daher nur solche Bestandtheile des Blutes zur Untersuchung heranziehen, die durch Methoden bestimmbar sind, deren Fehlergrenzen möglichst enge und genau bekannte sind.

Mit Rücksicht hierauf richtete ich meine Analysen daher nur auf die Bestimmung der anorganischen Bestandtheile: einmal des Wassers, welches die grössten Differenzen erkennen lassen musste,

und zweitens der Aschebestandtheile, bei denen wir im Stande sind, auf Bruchtheile eines Milligramms genau zu analysiren. Wassergehalt, Chlor, Phosphorsäure, Eisen, Kali und Natron sollten demnach den Gegenstand meiner Untersuchungen bilden; Stickstoffbestimmungen konnten sich, als die zuverlässigsten und einfachsten der organischen Analyse, zur Erweiterung der Resultate anschliessen. Aus etwa sicher constatirten Differenzen dieser Blutbestandtheile mussten sich wichtige Schlüsse auf die Function der Leber ziehen lassen, und die noch weiter interessirenden complicirteren Verbindungen sollten späteren Analysen vorbehalten bleiben, wenn erst die gesammte Anordnung der Versuche sich durch den Prüfstein jener sicheren Methoden bewährt hatte.

Zweifellos war es geboten, Pfortader- und Lebervenenblut von ein- und demselben lebenden Thier zu entnehmen, dann aber war auch diese Operation selbst unter verschiedenen Cautelen anzustellen. Erstens musste dabei eine möglichst geringe Störung der Lebercirculation und Herzaction gesetzt werden. Zweitens mussten die beiden Blutarten rasch nach einander genommen werden, denn bei dem zumal unter starken operativen Eingriffen sich in jedem Moment ändernden Bestande des Organismus waren nur die Blutproben für die vorliegende Untersuchung vergleichbar, die in demselben kurzen Zeitraum dem Körper entzogen waren. Drittens musste es allerdings für die Erleichterung der Analyse wünschenswerth erscheinen, stets möglichst grosse Quantitäten Blut zu erhalten; aber diese Rücksicht musste vollkommen zurücktreten gegenüber der einleuchtenden Nothwendigkeit, in nicht zu grosser Menge und nicht zu rasch das Blut ausfliessen zu lassen; denn es war sonst jedenfalls zu befürchten, dass aus anderen Bezirken zuströmendes Blut zur Untersuchung gelangte, ohne den normalen Einflüssen innerhalb der Leber ausgesetzt gewesen zu sein. Schon von jenen Forschern, die den Zucker und den Harnstoff der fraglichen Blutarten zum Gegenstand ihrer Analysen genommen hatten, waren mehrfache Versuche gemacht, diesen Anforderungen zu genügen. Das Pfortaderblut ist natürlich leicht zu gewinnen; nicht so das Blut der Lebervenen, die in mehreren sehr kurzen Stämmen sich aus der Substanz der Leber in die obere Hohlvene einsenken und die keine Unterbindung oder Einführung

einer Canüle gestatten. Bernard construirte daher, um sich reines Lebervenenblut zu beschaffen, seinen bekannten Doppelkatheter, der auch in Kühne's Lehrbuch der phys. Chemie ausführlich beschrieben ist; vorher hatte schon Chauveau sich eines langen einfachen Katheters bedient, um nach der Einführung in die Vena jugularis und weiterer Durchführung in die Vena cava inf. bis in die Gegend der Einmündungsstellen der Lebervenen das Blut der letzteren rein zu erhalten; beide Instrumente wurden später vielfach von den in jene Controversen verwickelten Forschern angewandt. Einer dritten etwas veränderten Methode bediente sich Gscheidlen. Er führte passend geformte Glasröhren, die mit einem eingeführten Glasstäbchen verschlossen waren, ebenfalls von der Vena jugularis bis in die Anfänge einer Lebervene hinein, und überzeugte sich durch den in die Bauchhöhle eingeführten Finger von der richtigen Lage der Röhre, ehe er Blutportionen ausfliessen liess. Die schwere Behinderung der Lebercirculation und Herzaction, die zweifelsohne fast immer durch Einführung dieser Instrumente gesetzt wird; die lange Zeitdauer, die auf die Operation verwendet werden muss, wenn man wirklich sicher sein will, dem Katheter die gewünschte Lage gegeben zu haben; vor allen Dingen aber der Umstand, dass, nach Angabe der früheren Experimentatoren selbst, das Blut auf dem langen Wege durch die enge Röhre so rasch gerinnt, dass im besten Falle nur 50^{cc} gewonnen werden können, sowie endlich noch die Unmöglichkeit, hinreichend rasch nach einander die Portionen der beiden verschiedenen Blutarten zu bekommen, bestimmten mich, von der Benutzung der vorstehenden Methoden abzusehen und es mit einer anderen Operations-Anordnung zu versuchen.

Die Versuchsthiere, meist grosse gut genährte Hunde, wurden tracheotomirt und dann in mässig tiefe Chloroformnarkose gebracht, so dass Berührung der Conjunctiva noch Reaction hervorrief. Dann wurde die Bauchhöhle eröffnet, eine lose Schlinge um das Ligam. hepato-duodenale gelegt, die Vena cava inf. nahe unterhalb der Einmündung der Lebervenen unterbunden und die Leber vorsichtig so weit herabgedrängt, dass die Einmündungsstelle von 1 oder 2 Lebervenen in die Vena cava sichtbar wurde. Mit einer besonders zu diesem Zweck hergerichteten kurzen Canüle, die passend ge-

krümmt und an ihrem unteren abgerundeten Ende in einer Weise geschärft war, die eine unbeabsichtigte Verletzung der Gefässwand und des Lebergewebes ausschloss, wurde dann die Wandung einer Lebervene durchstossen, so dass die Canülenöffnung in den Blutstrom eintauchte. Gleich nach dem Einstich begann das Blut auszufliessen und wurde meist in bereit gehaltenen gewogenen Gläsern aufgefangen. Waren mehrere Blutproben erhalten, so konnte durch Verschliessung eines kurzen Kautschuckschlauchs, der sich am Ausflussende der Canüle befand, der Ausfluss sistirt werden. War der Einstich entsprechend gelungen, so umschloss die elastische Blutgefässwand gewöhnlich die Canüle so eng, dass keine weitere Blutung stattfand. Unmittelbar darauf wurde zum Auffangen des Pfortaderblutes die vorher um dieses Gefäss gelegte Schlinge in die Höhe gezogen und zugeschnürt und nun auch hier mit einer ebenso construirten Canüle ein Einstich gemacht. Von der Eröffnung der Bauchhöhle an bis zur Gewinnung der letzten Blutportion verflossen etwa 3 bis 4 Minuten. Nachdem auch aus der Carotis eine Probe von arteriellem Blut entnommen war, wurde dann das Thier durch Verbluten getödtet. So weit es irgend möglich war, schienen so die oben postulirten Bedingungen zur Erlangung unter einander vergleichbarer Blutarten erfüllt.

Die Methoden der chemischen Analyse waren durchweg die gebräuchlichen. Das Blut wurde meist in mehreren getheilten Portionen in vorher gewogenen Gläsern aufgefangen, und diese ohne weiteres durch Trocknen bei 100° zu ebensoviel Controlbestimmungen des Wassergehalts benutzt. Das vollständig getrocknete Blut ist dann so brüchig und spröde, dass es sich im Messingmörser leicht stossen lässt; die verschiedenen einer Blutart zugehörigen Portionen wurden vereinigt in dieser Weise zerkleinert und fein gesiebt, das mehlartige Pulver dann wieder getrocknet und nun die für die Bestimmung des Stickstoffs und der Aschenbestandtheile nöthigen Mengen abgewogen. Zur Zerstörung der organischen Substanz veraschte ich bei sehr kleiner Flamme unter Salpeterzusatz; der zur Chlorbestimmung verwandten Portion wurde vorher Na_2CO_3 zugesetzt. Der Gehalt an N wurde durch Verbrennung mit Natronkalk in passenden Röhren bestimmt.

Von dem Lebervenen- und Pfortaderblut von 4 Hunden erhielt ich folgende Zahlen, deren tabellarischer Zusammenstellung ich die analytischen Belege voraufschicke, da nur durch diese eine Einsicht in die für die vorliegenden Analysen so wichtigen Fehlergrenzen der angewandten Methoden ermöglicht wird.

I. Versuch vom 1. December 1875.

Lebervenenblut.

Wasserbestimmung.

21.9211 gr. frisches Blut gaben 5.7575 gr. trockene Subst.; also = 26.26% feste Best
73.74% Wasser.

N-Bestimmung.

0.3205 gr. trockene Subst. gaben 0.04715 gr. N = 14.71%.

$Fe\,PO_4$.

1.8065 gr. tr. S. gaben 0.0121 gr. $Fe\,PO_4$ = 0.669%.

$P_2\,O_5$.

1.8065 gr. tr. S. gaben 0.0062 gr. $Mg_2\,P_2\,O_7$ = 0.219%
aus dem $Fe\,PO_4$ = 0.313%
$P_2\,O_5$ = 0.532%.

Chloralkalien.

1.8485 gr. tr. S. gaben 0.0519 gr. Chloralkalien = 2.81%
" " " " " 0.0128 gr. $Pt\,Cl_4$, 2 K Cl = 0.0039 gr. K Cl = 0.21%
Na Cl = 2.60%.

Pfortaderblut.

Wasserbestimmung.

27.9657 gr. frisches Blut gaben 7.4617 gr. tr. S.; also = 26.68% feste Best.
78.32% Wasser.

N-Bestimmung.

1) 0.5038 gr. tr. S. gaben 0.0744 gr. N = 14.76% } = 14.78%.
2) 0.3743 gr. " " " 0.05544 gr. N = 14.81% }

$Fe\,PO_4$.

2.4058 gr. tr. S. gaben 0.0154 gr. $Fe\,PO_4$ = 0.64%.

$P_2\,O_5$.

2.4058 gr. tr. S. gaben 0.0073 gr. $Mg_2\,P_2\,O_7$ = 0.00467 gr. $P_2\,O_5$ = 0.194%
aus dem $Fe\,PO_4$ = 0.301%
$P_2\,O_5$ = 0.495%.

Cl.

0.9469 gr. tr. S. gaben 0.0319 gr. Ag Cl = 0.0079 gr. Cl. = 0.834%

Chloralkalien.

2.2777 gr. tr. S. gaben 0.0653 gr. Chloralkalien = 2.87%
" " " " " 0.0196 " Kaliumplatinchlorid = 0.00598 gr. Cl K = 0.262%
Cl Na = 2.608%.

II. Versuch vom 7. December 1875.

Lebervenenblut.

Wasserbestimmung.

28.4571 gr. frisches Blut gaben 6.2442 gr. tr. S. = 21.94 % feste Best.
78.06 % Wasser.

N-Bestimmung.

0.3771 gr. tr. S. gaben 0.05603 gr. N = 14.86 %.

$Fe\,PO_4$.

1.367 gr. tr. S. gaben 0.0110 gr. $Fe\,PO_4$ = 0.805 %.

$P_2\,O_5$.

1) 1.367 gr. tr. S. gaben 0.0069 gr. $Mg_2\,P_2\,O_7$ = 0.505 %
2) 1.6351 gr. tr. S. gaben 0.0082 gr. „ „ „ = 0.501 %
= 0.823 % $P_2\,O_5$
aus dem $Fe\,PO_4$ = 0.376 % „
$P_2\,O_5$ = 0.699 %.

Cl.

0.7467 gr. tr. S. gaben 0.0349 gr. Ag Cl = 0.0086 gr. Cl = 1.151 %.

Chloralkalien.

1.089 gr. tr. S. gaben 0.0336 gr. Chloralkalien = 2.17 %
„ „ „ „ „ 0.0164 gr. $Pt\,Cl_4$, 2 K Cl = 0.0050 gr. K Cl = 0.46 %
Na Cl = 1.71 %.

Pfortaderblut.

Wasserbestimmung.

1) 16.5497 gr. frisches Blut gaben 3.7096 gr. tr. S. = 22.41 %
2) 12.2406 „ „ „ „ 2.7586 „ „ „ = 22.53 %
= 22.47 % feste Best.
77.53 % Wasser.

N-Bestimmung.

1) 0.4477 gr. tr. S. gaben 0.0665 gr. N = 14.85 %
2) 0.4073 „ „ „ „ 0.06136 „ „ = 15.06 %
= 14.95 %.

$Fe\,PO_4$.

1) 1.3370 gr. tr. S. gaben 0.0108 gr. $Fe\,PO_4$ = 0.808 %
2) 1.1150 „ „ „ „ 0.0089 „ „ „ = 0.800 %
= 0.804 %.

$P_2\,O_5$.

1.337 gr. tr. S. gaben 0.0065 gr. $Mg_2\,P_2\,O_7$ = 0.00415 gr. $P_2\,O_5$ = 0.811 %
aus dem $Fe\,PO_4$ = 0.378 %
$P_2\,O_5$ = 0.689 %.

Cl.

0.7813 gr. tr. S. gaben 0.0346 gr. Ag Cl = 0.00855 gr. Cl = 1.095 %

Chloralkalien.

1.493 gr. tr. S. gaben 0.0378 gr. Chloralkalien = 2.53 %
„ „ „ „ „ 0.0253 „ $Pt\,Cl_4$, 2 K Cl = 0.0077 gr. K Cl = 0.517 %
Na Cl = 2.013 %.

III. Versuch vom 17. December 1875.

Lebervenenblut.

Wasserbestimmung.

1) 29.0001 gr. frisches Blut gaben 6.7081 gr. tr. S. = 23.13 %
2) 19.8884 „ „ „ „ 4.5940 „ „ „ = 23.09 %
= 23.11 % feste Best
76.89 % Wasser.

N-Bestimmung.

0.5186 gr. tr. S. gaben 0.0753 gr. N = 14.52 %.

$Fe\,PO_4$.

1) 2.3917 gr. tr. S. gaben 0.0180 gr. $Fe\,PO_4$ = 0.753 %
2) 2.6302 „ „ „ „ 0.0219 „ „ „ = 0.832 %
= 0.792 %.

P_2O_5.

1) 2.3917 gr. tr. S. gaben 0.0090 gr. $Mg_2P_2O_7$ = 0.376 %
2) 2 6302 „ „ „ „ 0.0099 „ „ „ „ = 0.376 %
= 0.240 % P_2O_5
aus dem $Fe\,PO_4$ = 0.372 % „
P_2O_5 = 0.612 %.

Cl.

1) 0.8173 gr. tr. S. gaben 0.0306 gr. Ag Cl = 0.00756 gr. Cl = 0.925 %
2) 0.9536 „ „ „ „ 0.0349 „ „ „ = 0.00863 „ „ = 0.905 %
= 0.915 %.

Chloralkalien.

1) 1.3425 gr. tr. S. gaben 0.0367 gr. Chloralkalien = 2.74 %
2) 1.3440 „ „ „ „ 0.0395 „ „ = 2.95 %
= 2.85 %.

1) 1.3425 gr. tr. S. gaben 0.0218 gr. $Pt\,Cl_4$, 2 K Cl = 0.0066 gr. K Cl = 0.496 %
2) 1.3440 „ „ „ „ 0.0236 „ „ „ „ „ = 0.00719 gr. „ = 0.536 %
K Cl = 0.516 %
Na Cl = 2.334 %.

Pfortaderblut.

Wasserbestimmung.

1) 17.0999 gr. frisches Blut gaben 3.9615 gr. tr. S. = 23.16 %
2) 14.0648 „ „ „ „ 3.2265 „ „ „ = 22.94 %
= 23 05 % feste Best
76.95 % Wasser.

N-Bestimmung.

1) 0.4011 gr. tr. S. gaben 0.0587 gr. N = 14.65 %
2) 0.5006 „ „ „ „ 0.0736 „ „ = 14.72 %
= 14.68 %.

$Fe\,PO_4$.

1) 2.4152 gr. tr. S. gaben 0.0182 gr. Fe PO_4 = 0.755 %
2) 2.4100 „ „ „ „ 0.0178 „ „ „ = 0.740 %
= 0.750 %.

P_2O_5.

1) 2.4152 gr. tr. S. gaben 0.0080 gr. $Mg_2P_2O_7$ = 0.332 %
2) 2.4100 „ „ „ „ 0.0091 „ „ „ „ = 0.377 %
= 0.227 % P_2O_5
aus dem $FePO_4$ = 0.352 % „
P_2O_5 = 0.579 %.

Cl.

0.9336 gr. tr. S. gaben 0.0385 gr. AgCl = 0.00951 gr. Cl = 1.018 %.

Chloralkalien.

1.3129 gr. tr. S. gaben 0.0324 gr. Chloralkalien = 2.47 %
„ „ „ „ „ 0.0180 „ $PtCl_4$, 2 KCl = 0.00549 gr. KCl = 0.418 %
NaCl = 2.052.

Arterielles Blut.

Wasserbestimmung.

27.0884 gr. frisches Blut gaben 6.0551 gr. tr. S. = 22.35 % feste Best.
77.65 % Wasser.

$FePO_4$.

2.3860 gr. tr. S. gaben 0.0192 gr. $FePO_4$ = 0.805 %.

Cl.

1) 0.8884 gr. tr. S. gaben 0.0403 gr. AgCl = 0.0099 gr. Cl. = 1.12 %
2) 0.8095 „ „ „ „ 0.0395 „ „ „ = 0.0098 „ „ = 1.21 %
= 1.17 %.

IV. Versuch vom 12. Januar 1876.

Lebervenenblut.

Wasserbestimmung.

1) 31.0261 gr. frisches Blut gaben 6.8369 gr. tr. S. = 22.036 %
2) 13.5929 „ „ „ „ 2.9563 „ „ „ = 21.75 %
= 21.89 % feste Best.
78.11 % Wasser.

$FePO_4$.

2.045 gr. tr. S. gaben 0.0140 gr. $FePO_4$ = 0.685 %.

P_2O_5.

2.045 gr. tr. S. gaben 0.0072 gr. $Mg_2P_2O_7$ = 0.0046 gr. P_2O_5 = 0.220 %
aus dem $FePO_4$ = 0.322 %
P_2O_5 = 0.542 %

Cl.

1) 0.8955 gr. tr. S. gaben 0.0415 gr. AgCl = 0.0103 gr. Cl = 1.150 %
2) 0.9850 „ „ „ „ 0.0450 „ „ „ = 0.0112 „ „ = 1.137 %
= 1.143 %

Chloralkalien.

1.1063 gr. tr. S. gaben 0.0312 gr. Chloralkalien = 2.821 %.

Pfortaderblut.

Wasserbestimmung.

1) 49.2168 gr. frisches Blut gaben 10.9636 gr. tr. S. = 22.27 %
2) 36.0939 „ „ „ „ 7.8672 „ „ „ = 21.79 %
= 22.03 % feste Best.
77.97 % Wasser.

$Fe PO_4$.

1) 3.5952 gr. tr. S. gaben 0.0253 gr. $Fe PO_4$ = 0.704 %
2) 3.4732 „ „ „ „ 0.0220 „ „ „ = 0.634 %
= 0.669 %.

$P_2 O_5$.

3.5952 gr. tr. S. gaben 0.0122 gr. $Mg_2 P_2 O_7$ = 0.00779 gr. $P_2 O_5$ = 0.217 %
aus dem $Fe PO_4$ = 0.314 %
$P_2 O_5$ = 0.531 %.

Cl.

1) 1.1294 gr. tr. S. gaben 0.0484 gr. Ag Cl = 0.0128 gr. Cl = 1.139 %
2) 1.2032 „ „ „ „ 0.0513 „ „ „ = 0.01268 „ „ = 1.054 %
= 1.096 %.

Chloralkalien.

1) 1.5530 gr. tr. S. gaben 0.0461 gr. Chloralkalien = 2.97 %
2) 1.9571 „ „ „ „ 0.0601 „ „ = 3.07 %
= 3.02 %.

1.5530 gr. tr. S. gaben 0.0174 gr. $Pt Cl_4$, 2 K Cl = 0.0053 gr. K Cl = 0.341 %
Na Cl = 2.679 %.

Arterielles Blut.

Wasserbestimmung.

27.1600 gr. frisches Blut gaben 5.8073 gr. tr. S. = 21.38 % feste Best.
76.62 % Wasser.

$Fe PO_4$.

2.4111 gr. tr. S. gaben 0 0164 gr. $Fe PO_4$ = 0.680 %.

Cl.

0.8812 gr. tr. S. gaben 0.0372 gr. Ag Cl = 0.0096 gr. Cl = 1.09 %.

Die erhaltenen Zahlen lassen sich in folgender tabellarischer Uebersicht zusammenfassen:

100 Theile der frischen Substanz gaben:

	Versuch I.		Versuch II.		Versuch III.			Versuch IV.		
	Leber-vene.	Pfort-ader.	Leber-vene.	Pfort-ader.	Leber-vene.	Pfort-ader.	Arterie	Leber-vene.	Pfort-ader.	Arterie
Wasser	73.74	73.32	78.06	77.53	76.89	76.95	77.65	78.11	77.97	78 62
Feste Bestandtheile	26.26	26.68	21.94	22.47	23.11	23.05	22.35	21.89	22.03	21.38
Stickstoff	3.862	3.943	3.26	3.36	3.35	3.38	—	—	—	—
$Fe PO_4$	0.176	0.171	0.177	0.181	0.183	0.173	0.179	0.149	0.147	0.145
Fe	0.065	0.063	0.066	0.067	0.068	0.064	0.067	0.055	0.055	0.054
Gesammt-Phosphorsäure	0.139	0.132	0.151	0.155	0.141	0.133	—	0.118	0.117	—
Chlor	—	0.222	0.253	0.246	0.211	0.235	0.261	0.248	0.241	0.233
Chloralkalien	0.738	0.766	0.476	0.568	0.658	0.569	—	0.617	0.665	—
Chlorkalium	0.055	0.069	0.101	0.116	0.119	0.096	—	—	0.075	—
Chlornatrium	0.683	0.697	0.375	0.452	0.539	0.473	—	—	0.590	—

Uebersieht man die vorstehenden Analysen, so zeigt sich die den Lehmann'schen Resultaten gegenüber auffallende Erscheinung, dass nirgends eine erhebliche und constante Differenz der untersuchten Blutarten hervortritt. Der Wassergehalt schwankt zwar in Grenzen, von 0.06 % bis zu dem Maximum von 0.53 % im Versuch II; bald aber finden wir das Plus beim Blut der Lebervene, bald bei dem der Pfortader; und wenn wir die analytischen Belege mit in unsere Betrachtung hineinziehen, so bemerken wir, dass in den Bestimmungen verschiedener Portionen desselben Blutes genau eben so grosse Abweichungen, bis zu 0.48 % im Versuch IV, vorkommen. Nicht anders ist es mit den für die übrigen analysirten Bestandtheile gefundenen Zahlen; für Fe, P_2O_5, Cl, Chloralkalien ergeben sich wohl geringe Differenzen, deren Maxima für Fe 0.015 % der trockenen Substanz im Versuch III, für P_2O_5 0.037 % im Versuch I, für Cl 0.103 % im Versuch III, für Chloralkalien 0.36 % im Versuch II, betragen, aber so, dass die höheren Werthe bald die Zahlen des Lebervenen-, bald die des Pfortaderbluts betreffen. Bei den letzten Versuchen, wo ein hinreichendes Material Controlbestimmungen zu machen erlaubt hat, sehen wir unter den Belegen für die Analysen eines und desselben Blutes die nämlichen Abweichungen in den Einzelbestimmungen, z. B. für P_2O_5 bis zu 0.045 % beim Pfortaderblut, für Cl bis zu 0.09 % beim arteriellen Blut, für Chloralkalien bis zu 0.21 % beim Lebervenenblut des Versuchs III.

Die Inconstanz, die geringe Grösse dieser Differenzen und ihr gleichmässiges Auftreten auch in den Controlbestimmungen muss naturgemäss auf den Gedanken führen, dieselben insgesammt nicht als den Ausdruck chemischer Verschiedenheit der untersuchten Substanzen, sondern vielmehr als solche Unterschiede zu betrachten, die durch Ungenauigkeiten der analytischen Methoden bedingt sind, also in das Bereich der Fehlergrenzen gehören.

Es muss unschwer festzustellen sein, ob wir einem solchen Gedanken wirklich Raum geben dürfen, da die Weite der Fehlergrenzen der angewandten Methoden eine bekannte oder doch leicht kennen zu lernende Grösse ist. In dieser Beziehung verdanken wir einigen in neuester Zeit angestellten Untersuchungen

Bunge's[1]) jede wünschenswerthe Aufklärung. Bunge's Analysen betreffen gleichfalls das Blut von verschiedenen Thieren und zwar gerade die anorganischen Bestandtheile desselben; mit dankenswerther Genauigkeit hat Bunge ausser den Resultaten auch die Zahlenbelege für diese und für die vielfach angestellten Controlbestimmungen veröffentlicht. Wir ersehen nun aus dieser Zusammenstellung, dass Bunge im Stande war, die meisten anorganischen Bestandtheile des Blutes bis auf $^1/_{1000}$ %, den Wassergehalt bis auf mindestens $^4/_{100}$ % genau zu bestimmen. Die Fehlergrenzen sind also für die Analyse der fraglichen Blutbestandtheile sehr enge und reichen scheinbar nicht aus, um die Differenzen in meinen Versuchen zu erklären.

Bei genauerer Ueberlegung wird man es jedoch nicht statthaft finden, ohne weiteres die von Bunge beobachteten Fehlergrenzen in derselben Weite auch auf meine Analysen zu übertragen; denn es ist leicht zu zeigen, dass die für meine Experimente nöthige Versuchs-Anordnung Modificationen der Methoden bedingte, die zu viel weiteren Fehlergrenzen führen mussten. Zunächst ist es in dieser Beziehung wichtig, dass, wie oben angegeben, das Blut dem lebenden Thier nach einander in verschiedenen Portionen entzogen werden musste und diese getrennt zu den Wasserbestimmungen benutzt wurden. Es ist nun aber eine bekannte und auf vielfache übereinstimmende Untersuchungen gestützte Thatsache, dass das aus den Gefässen des lebenden Thieres ausfliessende Blut keine constante Zusammensetzung zeigt, sondern dass die ersten Proben eines Aderlasses andere Zahlen für die Analyse liefern, als die folgenden. Diese Differenzen treffen vor allem den Wassergehalt und zwar sind gewöhnlich die späteren Portionen reicher an Wasser; so fand z. B. E. Bidder[2]) eine Zunahme des Wassergehalts von der ersten bis zur letzten Probe eines Aderlasses um 0.3 bis 1.3 %; oft jedoch und unter dem Einfluss von Bedingungen, die sich in ihren Einzelheiten unserer Einsicht noch entziehen, findet sich auch eine Zunahme der festen Bestandtheile in den später ausgeströmten

---

1) G. Bunge, Zur quantitativen Analyse des Blutes. Zeitschr f. Biologie, XII. 2. Heft. 1876.

2) E. Bidder, Dissert. Dorpat 1863.

Blutportionen. Auch bei meinen Versuchen musste demnach schon die Art der Blutentziehung bewirken, dass bei der Bestimmung des Wassergehalts gewisse Schwankungen auftraten, die nur in den unvermeidlichen Fehlern der Methode begründet lagen und die die Fehlergrenzen derselben hinreichend erweiterten, um die Differenzen meiner Resultate für die Wasserbestimmung vollkommen zu decken. Zur Erklärung der Unterschiede in den für die übrigen Bestandtheile ermittelten Werthen reicht aber auch der hier besprochene Umstand nicht aus; denn da die getrockneten Portionen einer Blutart vereinigt analysirt wurden, so konnte in deren Controlbestimmungen sich der Einfluss der ungleichzeitigen Blutentziehung nicht bemerkbar machen. Die im Vergleich zu den Bunge'schen Resultaten sehr grossen Differenzen in meinen Analysen der Blutsalze würden sonach nicht durch Fehler der Methode erklärt werden können, wenn nicht ein anderer Umstand hinzuträte, der auch hier eine direkte Vergleichung von Bunge's und meinen analytischen Differenzen verbietet. Bunge verdankt nämlich die schöne Uebereinstimmung seiner Resultate den unbeschränkt grossen Mengen von Material, die ihm für die Analyse zu Gebote standen.

Wie ich oben schon auseinandergesetzt habe, musste ich mich stets auf die Entziehung von relativ geringen Blutmengen beschränken, um Störungen der Blutcirculation zu vermeiden. Bunge nahm zu den einzelnen Bestimmungen bis zu 350 gr. Blut, während ich zu sämmtlichen Analysen meist nur 30 bis 40 gr. benutzen konnte.

Mit unseren Wägungen sind wir nur auf mehrere Zehntel eines Milligramms genau; die unterhalb dieser Grenze liegenden kleinen Grössen verschwinden vollkommen und stören die Uebereinstimmung der Analysen gar nicht, so lange sie den gewogenen Mengen gegenüber hinreichend klein erscheinen; sie machen jedoch einen merkbaren Procenttheil der zu analysirenden Substanz aus, wenn diese selbst nur eine sehr geringe Gewichtsmenge repräsentirt. Diese unvermeidlichen kleinsten Fehler unserer Methoden mussten sich auch bei meinen Analysen um so viel mehr bemerkbar machen, als die von mir benutzten Substanzmengen gegen die von Bunge verwandten Quantitäten zurückstanden. Beispielsweise

erhalte ich in 2 Controlbestimmungen für das Fe im Pfortaderblut des 3. Versuchs: 1) = 0.0182 gr. Fe von 2.4152 gr. trockenem Blut,
2) = 0.0178 „ „ „ 2.4100 „ „ „
für gleiche Substanzmengen also eine Differenz in den Endwägungen von 0.4 milligr.; die Procentwerthe beider Zahlen stellen sich aber auf:

1) = 0.755 % 2) = 0.740 %.

Ebenso giebt die Cl bestimmung im Lebervenenblut des 4. Versuchs 1) 0.0103 gr. Cl von 0.8955 gr. tr. S. = 0.01133 gr. von 0.9850 gr. 2) 0.0112 gr. von 0.9850 gr. tr. S.; aber dennoch in Procenten:

1) = 1.150 % 2) = 1.137 %.

Bunge nimmt (vgl. Seite 206 seiner Abhandlung) 172.73 gr. Blut zur Fe bestimmung. Gesetzt, er hätte in 2 Endwägungen eine Differenz von 5 milligr. gehabt, so hätte dies die Procentzahlen doch nur folgendermaassen verändert:

1) = 0.0696 % 2) = 0.0697 %.

Seite 204 finden sich 2 Chlorbestimmungen, die aus verschiedenen Substanzmengen 1) 0.2839 % 2) 0.2882 % ergeben; hätte Bunge genau gleiche Substanzmengen gehabt, nämlich beide Male 51.648 gr. Blut, so mussten seine Endwägungen um 9 milligr. differiren, um jene procentische Verschiedenheit zu ergeben.

Nach diesen Auseinandersetzungen muss allerdings die Möglichkeit zugegeben werden, dass die in meinen mitgetheilten Analysen hervortretenden Differenzen im Bereich der Fehlergrenzen liegen, die durch die nothwendigen Versuchs-Anordnungen nur besonders erweitert sind; und daraus folgt, dass sich also für keinen der untersuchten Bestandtheile ein constanter Unterschied ergiebt, der auf eine chemische Verschiedenheit des Pfortader- und Lebervenenbluts mit Sicherheit zu beziehen ist.

Ein solches Resultat ist am überraschendsten jedenfalls in Bezug auf den Wassergehalt der beiden Blutarten. Wir wissen, wie beträchtliche Mengen von Flüssigkeiten fortwährend aus der Leber austreten und müssen a priori erwarten, dass die Absonderung dieser Quantitäten sich bei einer Untersuchung des zu- und abströmenden Blutes durch Differenzen kund giebt, die viel grösser

sind, als jene durch die von mir angewandten Methoden bedingten. Ich nahm daher noch einige Experimente mit besonders kräftigen Hunden vor, denen sehr starke Fleischmahlzeiten 8 bis 10 Stunden vor der Operation gereicht waren, damit sie sich zur Zeit des Versuchs im Maximalstadium der Gallensecretion befänden, und suchte bei diesen vor allem wieder nach Unterschieden im Wassergehalt des Pfortader- und Lebervenenblutes. Fanden sich solche nicht, so war es offenbar vergeblich, nach Differenzen in den übrigen Bestandtheilen zu forschen, die, wie die N haltigen Stoffe, in 15 fach, oder wie die Salze in etwa 150 fach geringerer Menge als Wasser abgesondert werden. Nur noch eine analytische Methode wollte ich in den folgenden Versuchen gleichzeitig anwenden, nämlich die spectralanalytische Bestimmung des Hämoglobins; für die Wahrscheinlichkeit positiver Ergebnisse sprach hier sowohl die Genauigkeit der Methode, wie die allseitig vermuthete relative Grösse des Untergangs von Hämoglobin in der Leber, für den die Menge der Gallenfarbstoffe in gewisser Weise als maassgebend betrachtet wird. Die Anordnung der folgenden Versuche war wie bei den früheren. Zur Hämoglobinbestimmung, die mit einem nochmals von mir geaichten Spectralapparat nach der Preyer'schen Methode ausgeführt wurde, fing ich geringe Blutportionen in verschliessbaren Gläsern auf, die mit kleinen Kieselsteinen gefüllt waren; durch Schütteln wurde das Blut sofort nach dem Ausfliessen defibrinirt, vom Faserstoff abgegossen und sogleich zur Spectralanalyse verwandt. Dies Abgiessen gelang beim Pfortader- und Arterienblut stets sehr leicht; das Lebervenenblut jedoch, das nebenbei bemerkt bei ruhigem Stehen immer fast eben so rasch einen derben Blutkuchen bildet, wie das Pfortaderblut, schied das Fibrin bei der angegebenen Behandlung zuweilen in sehr zarten, feinen Flocken aus, von denen ein Theil hartnäckig in der Flüssigkeit suspendirt blieb; ein Coliren war bei der geringen Menge des Materials unthunlich. Worauf diese zuweilen — nicht immer — beobachtete Eigenthümlichkeit des Lebervenenbluts beruht, kann nicht entschieden werden; für die spectralanalytische Untersuchung hatte dieselbe das Unangenehme, dass beim Abmessen des Lebervenenbluts ein gewisser, freilich sehr kleiner Bruchtheil der Pipette mit jenen feinen Flöck-

chen erfüllt war und demnach eine etwas geringere Menge reinen Blutes, als das abzumessende Quantum zur Analyse kam; dem entsprechend musste in diesen Fällen ein etwas geringerer Hämoglobingehalt resultiren. Meine Versuche ergaben folgende Zahlen:

V. Versuch vom 28. März 1876.

Gewicht des Hundes 22.5 Kilogr.

Lebervenenblut.

Wasserbestimmungen.

1) 42.4552 gr. frisches Blut gaben 9.4302 gr. tr. S.
= 22.21 % feste Best., 77.79 % Wasser

2) 18.696 gr. fr. Blut gaben 4.2413 gr. tr. S. = 22.68 % „ „ 77.32 % „

im Mittel = 22.45 % feste Best., 77.55 % Wasser.

Hämoglobinbestimmungen.

Der Apparat war geaicht auf eine Hämoglobinlösung von 1.138 %.

1 cc Blut erfordert 12.4 cc Wasser
12.65 cc „
12.6 cc „
12.7 cc „
im Mittel = 12.59 cc Wasser = 15.46 % Hämoglobin.

Pfortaderblut.

Wasserbestimmungen.

1) 70.2116 gr. frisches Blut gaben 15.6531 gr. tr. S.
= 22.29 % feste Best., 77.71 % Wasser

2) 21.0848 gr. frisches Blut gaben 4.6763 gr. tr. S.
= 22.18 % feste Best., 77.82 % Wasser

im Mittel = 22.24 % feste Best., 77.76 % Wasser.

Hämoglobinbestimmungen.

1 cc Blut erfordert 12.5 cc Wasser
12.5 cc „
12.75 cc „
12.8 cc „
im Mittel = 12.64 cc Wasser = 15.52 Hämoglobin.

Arterielles Blut.

Wasserbestimmung.

19.0590 gr. frisches Blut gaben 3.946 gr. tr. S. = 20.7 % feste Best., 79.3 % Wasser.

Hämoglobinbestimmung.

1 cc Blut erfordert 12.7 cc Wasser
12.8 cc „
im Mittel = 12.75 cc = 15.65 % Hämoglobin.

VI. Versuch vom 1. Mai 1876.

Gewicht des Hundes 7.65 Kilogr.

Lebervenenblut.

Wasserbestimmungen.

1) 9.6936 gr. fr. Blut gaben 1.8248 gr. tr. S. = 18.82 % feste Best., 81.18 % Wasser
2) 25.659 „ „ „ „ 4.8375 „ „ „ = 18.85 % „ „ 81.15 % Wasser
im Mittel = 18.84 % feste Best., 81.16 % Wasser.

Hämoglobinbestimmungen.

1 cc Blut erforderte 9.4 cc Wasser
9.6 cc „
9.65 cc „
im Mittel = 9.55 cc Wasser = 12.01 % Hämoglobin.

Pfortaderblut.

Wasserbestimmungen.

1) 18.3106 gr. fr. Blut gaben 3.4605 gr. tr. S. = 18.89 % feste Best., 81.11 % Wasser
2) 16.1210 „ „ „ „ 3.0669 „ „ „ = 19.02 % „ „ 80.98 % „
im Mittel = 18.96 % feste Best., 81.04 % Wasser.

Hämoglobinbestimmungen.

1 cc Blut erforderte 9.35 cc Wasser
9.45 cc „
9.6 cc „
im Mittel = 9.47 cc Wasser = 11.92 % Hämoglobin.

Arterielles Blut.

Wasserbestimmung.

22.4734 gr. fr. Blut gaben 4.2760 gr. tr. S. = 19.03 % feste Best., 80.97 % Wasser.

Hämoglobinbestimmung.

1 cc Blut erforderte 9.5 cc Wasser
9.45 cc „
im Mittel = 9.47 cc Wasser = 11 92 cc Hämoglobin.

VII. Versuch vom 12. Mai 1876.

Gewicht des Hundes 8.15 Kilogr.

Lebervenenblut.

Wasserbestimmungen.

1) 13.5285 gr. fr. Blut gaben 2.9385 gr. tr. S. = 21.72 % feste Best., 78.28 % Wasser
2) 11.7577 „ „ „ „ 2.6077 „ „ „ = 22.18 % „ „ 77.82 % „
im Mittel = 21.95 % feste Best., 78.05 % Wasser.

Hämoglobinbestimmungen.

1 cc Blut erforderte 13.3 cc Wasser
13.7 cc „
13.7 cc „
im Mittel = 13.6 cc Wasser = 16.62 % Hämoglobin.

Pfortaderblut.

Wasserbestimmungen.

1) 6.0777 gr. fr. Blut gaben 1.3453 gr. tr. S. = 22.13 % feste Best., 77.87 % Wasser
2) 13.9125 „ „ „ „ 3.0922 „ „ „ = 22.22 % „ „ 77.78 % „
im Mittel = 22.18 % feste Best., 77.82 % Wasser.

Hämoglobinbestimmungen.

1 cc Blut erforderte 13.8 cc Wasser
13.8 cc „
14.0 cc „
im Mittel = 13.9 cc Wasser = 16.96 % Hämoglobin.

Arterielles Blut.

Wasserbestimmung.

8.4845 gr. fr. Blut gaben 1.8243 gr. tr. S. = 21.50 % feste Best., 78.50 % Wasser.

Hämoglobinbestimmung.

1 cc Blut erforderte 13.7 cc Wasser
13.8 cc „
im Mittel = 13.75 cc Wasser = 16.78 % Hämoglobin.

Das Hämoglobin findet sich in grösserer Quantität einmal im Lebervenen-, zweimal im Pfortaderblut; sehen wir die Zahlenbelege an, so finden wir, dass die Grössen der Abweichungen vollkommen im Bereich der Fehlergrenzen liegen; zur Deutung der im Versuch VII sich aussprechenden etwas erheblicheren Differenz müssen wir ausserdem die erwähnte Gerinnungs-Eigenthümlichkeit des Lebervenenbluts heranziehen, die gerade in diesem Versuch besonders hervortrat. Die Zahlen für den Wassergehalt schwanken wie bei den früheren Versuchen; ein Plus bald im Lebervenen- bald im Pfortaderblut, alle Differenzen aber vollkommen im Bereich der früher schon erörterten Fehlergrenzen liegend.

Unerwartete und auffallende Resultate sind somit das Ergebniss der ausgeführten Untersuchungen. Wir hatten oben gesehen, dass alle neueren Forscher keinen Unterschied des Pfortader- und Lebervenenbluts in dem Gehalt an Zucker, Fibrin und Harnstoff constatiren konnten. Uebereinstimmend zogen sie daraus den Schluss, dass folglich diese Blutbestandtheile bei ihrem Durchgang durch die Leber keine Veränderung erleiden, und dass weder eine Abscheidung, noch eine Produktion dieser Stoffe zur Funktion der Leber gehöre. Wollten wir diese Schlussfolgerung auch auf die vorliegenden Untersuchungen anwenden, so würde sich uns mit zwingender Consequenz der eigenthümliche Satz ergeben: dass auch

der Gehalt des Bluts an Wasser, Salzen, Hämoglobin in der Leber keine Veränderung erleide, und alle diese Stoffe zu der Thätigkeit der Leber in keiner Beziehung stehen.

Eine solche Folgerung ist nicht haltbar; die Leber muss sicherlich in energischer Weise verändernd auf das sie durchströmende Blut einwirken; das beweisen uns ihre reichlichen Secrete, die grossen Mengen von Wasser, N haltigen Substanzen und Salzen, die innerhalb ihres Gewebes stetig dem Blute entzogen werden. Wenn wir nun aber vergeblich versuchen, experimentell unter möglichster Einhaltung der normalen Verhältnisse den sicheren Nachweis der Abnahme auch nur eines dieser Bestandtheile im abströmenden Leberblut zu führen, so bleibt uns nichts übrig als anzuerkennen, dass Funktionen und speciell Blutveränderungen der eingreifendsten Art im Körper ablaufen können, ohne dass unsere analytischen Methoden auch nur den geringsten sicheren Nachweis dafür zu liefern im Stande sind. Dann aber ist auch die Schlussfolgerung jener Forscher nicht berechtigt, die gestützt auf ihre negativen Befunde, einen Einfluss der Leber auf den Zucker-, Fibrin- und Harnstoffgehalt des Blutes leugneten.

Es erwächst uns aus dieser Betrachtung somit eine eigenthümliche Alternative — auf der einen Seite ein in Fragestellen der Leberfunktion überhaupt — auf der anderen Seite ein Betrachtungsfehler, der einer grossen Reihe mühevoller Analysen unrichtige Deutungen gegeben hat. Es muss daher wünschenswerth erscheinen, eine genaue Erörterung darüber anzustellen, in wie weit denn überhaupt eine Blutveränderung in der Leber bestehen kann, ohne dass uns ihr analytischer Nachweis möglich ist.

Die Elemente für eine solche Erörterung sind leicht gefunden; wir haben nur festzustellen: erstens das Maass der Veränderung der einzelnen Bestandtheile des Blutes, das wir durch unsere Analysen noch nachweisen können; zweitens das Maass der Veränderung derselben Bestandtheile, welches das Blut unter dem Einfluss der Wechselwirkung zwischen Leber und Blut stetig erleidet. Stellt sich die letztere Grösse kleiner heraus als die erste, so ist jener

Betrachtungsfehler erwiesen, und es liegt die Unmöglichkeit vor, die unbedeutende Veränderung des Blutes in der Leber analytisch nachzuweisen.

Der erste Faktor der beabsichtigten vergleichenden Rechnung ist durch Beobachtungen gegeben und geht aus den vorliegenden Analysen des Blutes hervor. Für die Wasserbestimmungen zeigen meine Resultate durch die Versuchsanordnungen gegebene Fehlergrössen bis zu 0.5%; bei der Analyse der Aschenbestandtheile konnte ich bis auf 0.02 bis 0.08% genau sein; letztere Ziffer würde sich etwas mehr einschränken lassen, wenn man die gesammten erhaltenen Blutquantitäten zur Analyse eines Bestandtheils verwendete. Für das Hämoglobin habe ich Abweichungen der Analysen bis zu 0.4% erhalten; für die Zuckerbestimmungen im Blut kann ich leider keine Angabe über die Fehlergrenzen finden; die mir bekannt gewordenen Analysen sind ohne Zahlenbelege und Controlbestimmungen veröffentlicht. Für das Fibrin statuirte S. Mayer[1]) ausserordentlich weite Fehlergrenzen. Für den Harnstoff stellte Gscheidlen dieselben fest; er glaubt, so genau in der Analyse dieses Körpers zu sein, dass ihm Differenzen, die zur Annahme einer Produktion von Harnstoff in der Leber berechtigen würden, nicht hätten entgehen können. Er führt als Beweis für die Genauigkeit seiner Methode eine Analyse an, wo er von 0.084 gr. Harnstoff, die er 59 cc Blut zusetzte, 0.079 gr. wiederfand. Es entzogen sich der Wahrnehmuug durch die Analyse also 5 milligr. in 59 cc Blut, oder 0.0085%; war dies bei dem Versuch mit geringstem Fehler der Fall, so wird man also wohl die durchschnittliche Fehlergrösse bei der Harnstoffbestimmung auf ca. 0.01% setzen dürfen.

Nicht so leicht können wir die Werthe bestimmen, die wir mit den hier angeführten Zahlen für die Fehlergrössen unserer analytischen Methoden vergleichen müssen. Ein Maass für die Veränderung der einzelnen Blutbestandtheile durch die Leberfunktion können wir nur dadurch gewinnen, dass wir die Menge der von der Leber secernirten Stoffe in Beziehung setzen zu der Menge des die

1) S. Mayer, Sitzungsberichte der k. k. Akad d. Wiss. zu Wien. 1867. Bd. 56. II.

Leber durchströmenden Blutes, oder dass wir bestimmen, welchen Bruchtheil die 24stündige Gallenmenge von dem gesammten Blut ausmacht, das innerhalb 24 Stunden zur Produktion dieser Galle beigetragen hat. Die 24stündige Gallenmenge ist uns hinreichend bekannt; aber leider sind wir bis jetzt durchaus nicht im Stande, uns eine nur annähernd richtige Vorstellung von der Blutmenge zu machen, die in 24 Stunden oder überhaupt in irgend einer beliebigen Zeiteinheit die Leber durchströmt. Diese zu der projektirten Rechnung nöthige unbekannte Grösse müssen wir zunächst kennen zu lernen suchen.

Dieselbe setzt sich augenscheinlich aus 2 Componenten zusammen; der eine ist die Gesehwindigkeit der Blutströmung in der Leber, der andere ist das Blutvolum dieses Organs; die in der Zeiteinheit durchfliessende Masse muss das Produkt beider sein. Die Feststellung beider Componenten erfordert eine eingehendere Erörterung.

Ueber die Geschwindigkeit des Blutstroms in der Leber weiss man noch nichts; man nimmt allgemein an, dass die starke Erweiterung des Flussbetts das Pfortaderblut, zumal dies schon ein anderes Capillarsystem durchflossen, zu einer enormen Verlangsamung der Strömung führen müsse; eine direkte Bestimmung der Blutgeschwindigkeit in den Lebergefässen ist jedoch noch nicht versucht; die gebräuchlichen Methoden scheitern alle an der Unmöglichkeit, bei den versteckt gelegenen und nicht in hinreichend langen Stämmen zu isolirenden Lebervenen die nöthigen messenden Instrumente zu appliciren. Nur mittelst der Infusionsmethode, die von Vierordt so exakt ausgebildet ist, erschien es mir nicht unmöglich, wenigstens mit annähender Genauigkeit eine Kenntniss der Geschwindigkeit der Blutbewegung in der Leber zu erlangen. Ich verfuhr zu diesem Zwecke in folgender Weise: Nachdem ich mich längere Zeit mit der Technik des Experiments vertraut gemacht hatte, wurde bei einem Hunde durch Injektion von Ferrocyankalium in die eine Cruralvene und Auffangen der Blutportionen aus der Cruralarterie die Dauer des Kreislaufs von der Injektionsstelle zum Herzen, von da durch den Lungenkreislauf, und vom Herzen wieder zur Art. crur. bestimmt. Die Blutportionen wurden

nicht mittelst der Vierordt'schen Scheibe aufgefangen, sondern in kleinen Näpfchen, die auf einer Leiste neben einander aufgereiht waren und die von einem Assistenten nach dem Sekunden-Schlage eines Metronoms vor der in die Arterie eingebundenen und mit Kautschuckschlauch und Stellschraube versehenen Kanüle vorbeigeführt wurde, und zwar so, dass mit jedem Schlag um ein Näpfchen weiter vorwärts gerückt wurde. Anfang der Injektion des Blutlaugensalzes, Oeffnung der Arterie und erster Schlag des Metronoms geschahen gleichzeitig. Diese Abweichungen von der Vierordt'schen Methode wurden nicht etwa im Sinne einer Verbesserung derselben gemacht, sondern nur der Gesichtspunkt, dass Genauigkeit bis auf 1 Sekunde für die Zwecke meiner Rechnung vollkommen ausreichte, führte mich zu dem einfacheren und weniger kostspieligen Apparat; sollte später vielleicht eine möglichst exakte Bestimmung der Geschwindigkeit der Blutbewegung in der Leber den Gegenstand einer besonderen Versuchsreihe bilden, so würde selbstverständlich auf die sinnreich construirten Vorrichtungen Vierordt's zu recurriren sein. Hatte sich nun bei einem Hunde ein sicheres Resultat für die durchschnittliche Kreislaufsdauer ergeben — nöthigenfalls wurden die Experimente wiederholt, — so wurde nach einigen Tagen demselben Versuchsthier zunächst die Art. crur. frei gelegt, dann die Bauchhöhle durch einen etwa 5 centim. langen Schnitt geöffnet, eine Darmschlinge oder auch die untere Curvatur des Magens etwas vorgezogen, dann in eine Darm- resp. Magenvene eine Kanüle eingebunden, und in diese das Ferrocyankalium injicirt unter Gleichbleiben der übrigen Versuchs-Anordnungen. Setzen wir die Weglängen von der üblichen Injektionsstelle an der Vena cruralis bis zum Herzen und die von einer Magen- oder Darmvene bis zum Herzen mit ausgeschaltet gedachter Leber einander gleich, was gewiss ohne zu grosse Fehler gestattet ist, so hat das injicirte Salz im zweiten Versuch alsdann eben dieselben Weglängen zu durchlaufen, wie im ersten, nur noch vermehrt um die Bahnen der Lebercapillaren. Die Zeitdifferenz zwischen den Resultaten des ersten und zweiten Versuchs wird uns also ein unmittelbares Maass der Zeit geben, die das Salz zur Durchströmung der Lebergefässe gebraucht hat, und damit einen

Ausdruck für die dort herrschende Geschwindigkeit der Blutbewegung. Meine Versuche führten nun zu dem Ergebniss, dass die Blutbewegung durch die Leber etwa gerade so viel Zeit in Anspruch nimmt, als die Vollendung eines gewöhnlichen Kreislaufs von einer Körpervene durch die Lungen zur Körperarterie. Z. B. in einem Versuch vom 8. Mai:

Hund von 8550 gr. Gewicht. Kreislaufsdauer durch die Cruralgefässbahn = 11 Sekunden.

Versuch vom 11. Mai. Derselbe Hund. Injektion in eine Darmvene. Kreislaufsdauer = 22 Sekunden.

Versuch vom 22. Mai. Hund von 20 Kilogr. Gewicht. Injektion in die Ven. crur. Kreislaufsdauer = 17 Sekunden.

Versuch vom 30. Mai. Derselbe Hund. Injection in eine der unteren Coronarvenen des Magens. Kreislaufsdauer = 33 Sekunden.

Das gewünschte Maass der Geschwindigkeit der Blutbewegung durch die Leber war damit gegeben. Ich muss bemerken, dass ich mir sehr wohl der mancherlei Einwände bewusst bin, die mit Recht gegen die Exaktheit der von mir angewandten Methoden zur Bestimmung dieser Grösse erhoben werden können. Ich wiederhole aber, dass es mir hier auch nicht auf eine genaue Feststellung der mittleren Blutgeschwindigkeit ankam, sondern nur auf eine annäherungsweise Ermittelung derselben; auch eine solche musste mir, wie ich unten zeigen werde, eine vollkommen brauchbare Unterlage für die von mir intendirte Rechnung liefern.

Ueber den anderen Componenten jener gesuchten Grösse, nämlich über die in der Leber enthaltene Blutmenge, liegen Untersuchungen vor von Gscheidlen[1]) und von J. Ranke[2]), und ausserdem lässt sich derselbe durch ein Experiment einfachster Art ermitteln. Wenn man nämlich die Leber eines Hundes ober- und unterhalb der Gefässe rasch unterbindet, dann abschneidet, herausnimmt, und nun das Blut, während man die Substanz grob zerschneidet, in ein gewogenes Gefäss fliessen lässt, so bekommt man ohne Mühe eine Quantität Blut, die stets mehr als 20 % des ge-

1) Gscheidlen, Würzburger physiol. Unters. III.
2) J. Ranke, die Blutvertheilung etc. Leipzig 1871.

sammten Lebergewichts ausmacht; diese Zahl ist demnach als die untere Grenze des Blutgehalts der Leber anzusehen.

Jene Berechnung der Blutgeschwindigkeit und diese Bestimmung des Blutgehalts der Leber sind beide nur approximative Schätzungen, sie sind es um so mehr, als es sich eigentlich um die Bestimmung von ausserordentlich variablen Grössen handelt, von denen wir gar nicht wissen, in welchen Grenzen sie Veränderungen unterworfen sind. Wenn ich dennoch keinen Anstand nehme, die so gewonnenen Zahlen meiner Berechnung zu Grunde zu legen, so fühle ich mich dazu veranlasst, weil erstens die Zahlen so gewählt sind, dass sie durch die Variationen der Geschwindigkeit wie des Blutvolums immer nur nach einer Seite hin verändert werden können, nämlich so, dass ein noch regerer Blutverkehr in der Leber resultirt, und weil zweitens eine Betrachtung selbst dieser einen sehr geringen Blutverkehr supponirenden Zahlen ein Verhältniss der abgeschiedenen Gallenstoffe zu den so kennen gelernten Blutmengen klar stellt, dass an einen analytischen Nachweis der Blutdifferenzen nicht mehr entfernt gedacht werden kann.

Die Faktoren unserer Berechnung setzen sich nun folgendermassen zusammen: Die Blutgeschwindigkeit in der Leber bei einem Hunde von 20 Kilo Gewicht hatten wir zu 16 Sekunden für die Wegstrecke durch die ganze Leber bestimmt; die in der Leber enthaltene Blutmenge würde, zu 20 % des Lebergewichts und dieses zu 3.5 % des Körpergewichts gerechnet, 140 gr. betragen. Diese 140 gr. würden demnach in 16 Sek. die Leber passiren; in einer Minute würden circa 500 gr. Blut, in einer Stunde 30 Kilogr., in 24 Stunden 720 Kilogr. Blut die Leber durchfliessen. Wir haben ferner gezeigt, dass wir z. B. bei der Bestimmung des Wassergehaltes auf höchstens 0.5 % genau sein können; von der 24stündigen Blutmenge von 720 Kilogr. machen diese 0.5 % aber 3600 gr. aus; eine solche Quantität Wasser könnte also in minimo ein Hund von 20 Kilogr. Gewicht in 24 Stunden ausscheiden, ohne dass eine mit Sicherheit durch unsere Analysen zu constatirende Abnahme sich im Wassergehalt des abfliessenden Blutes zeigte. Ein Hund von 20 Kilo Gewicht scheidet aber nach allen darüber vorliegenden Beobachtungen in 24 Stunden höchstens 400 gr. Galle

aus; es blieben sonach über 3000 gr. Wasser, die in diesem Falle der Resorption durch die Lymphgefässe hätten anheimfallen können, — das heisst, reichlichste normale Leberthätigkeit und Sekretion vorausgesetzt, würde es uns dennoch unmöglich gewesen sein, diese Thätigkeit auch nur an den wechselnden Mengenverhältnissen des Bestandtheils wahrzunehmen, der in stärkstem Maasse von der Sekretion betroffen wird. — Der negative Befund der Analysen der übrigen Blutbestandtheile wird uns noch leichter erklärlich, wenn wir auch für diese die möglicherweise in 24 Stunden ausgeschiedenen Mengen zu der gesammten innerhalb dieser Zeit die Leber durchfliessenden Blutmenge in Beziehung bringen; für Chlor haben wir Fehlergrenzen bis zu 0.1 % der trockenen oder 0.02 % der frischen Substanz; diese 0.02 % machen von 720 Kilogr. Blut 144 gr. aus; in der 24stündigen Gallenmenge werden aber nur etwa 3 gr. Cl Na ausgeschieden; vertheilen wir andererseits diese faktisch abgesonderten 3 gr. Cl Na auf die entsprechende Blutmenge, so finden wir, dass auf eine zur Analyse kommende Portion von circa 50 gr. Blut nur Bruchtheile eines Milligramms entfallen, die keine Analyse nachzuweisen im Stande ist.

Damit haben wir uns denn allerdings auf einen anderen Standpunkt gestellt, als die Forscher, die früher vergleichende Untersuchungen des Leberbluts vorgenommen haben; und es wird sich lohnen, unter diesen neuen Gesichtspunkten die Resultate zu betrachten, die früher durch incorrekte Anschauungsweise eine falsche Deutung erfuhren. Es leuchtet ein, dass zunächst die von Lehmann gefundenen Differenzen nimmermehr Anhaltspunkte für den Stoffwechsel des lebenden Thiers geben können. Er findet im Wassergehalt des zu- und abströmenden Blutes der Leber Unterschiede bis zu 12 %; das heisst unter Berücksichtigung obiger Rechnung: ein Hund von 20 Kilo scheidet durch Galle und Lymphgefässe der Leber in 24 Stunden 86 Kilogr. Wasser ab; ein Mensch von 80 Kilogr. Gewicht circa 320 Kilogr.! Es ist leicht zu zeigen, dass nach Lehmann's weiteren Zahlen an Albumin, Fetten etc. täglich das vielfache von dem durch die Leber ausgeschieden wird, was im Tage in maximo von dem Körper aufgenommen werden

kann. Ebenso leicht ist es nachzuweisen, dass da, wo von anderen Forschern im Zucker-, Fibrin- und Harnstoffgehalt deutliche Differenzen gefunden wurden, diese einen so enormen Stoffwechsel in der Leber voraussetzen würden, wie er niemals in Wirklichkeit stattfinden kann; dass andererseits da, wo keine Differenzen sich wahrnehmen liessen, durchaus keine Berechtigung vorlag, deshalb einen Einfluss der Leber auf den betreffenden Blutbestandtheil zu leugnen; sondern dass vielmehr der faktische Umfang des Stoffwechsels in der Leber stets nur solche Differenzen im Blut verursachen kann, die innerhalb der Fehlergrenzen unserer Untersuchungsmethoden fallen müssen. So würde z. B. eine Fehlergrösse von nur 0.02 % bei der Bestimmung des Zuckergehalts im Blut für einen Menschen von 80 Kilogr. eine unmerkliche Zuckerproduction von circa 600 gr. in 24 Stunden zulassen. Auch die Behauptung Gscheidlen's, dass ihm bei seinen Versuchen irgend erhebliche Rückschlüsse auf eine Beziehung der Leber zur Harnstoffbildung gestattende Quantitäten von Harnstoff nicht hätten entgehen können, erscheint nach Application obiger Rechnung nicht haltbar. Wir haben früher gesehen, dass 0.01 % Harnstoff sich der analytischen Wahrnehmung vollkommen entziehen konnten; war ein Plus in dieser Höhe in den 50 cc Lebervenenblut enthalten, die Gscheidlen zur Untersuchung nahm, so konnte eine für ihn unmerkliche 24stündige Harnstoffproduktion in der Leber von 72 gr. für einen Hund mittleren Gewichts, von circa 150 gr. für einen Hund von der Grösse, wie Gscheidlen ihn zu seinen Versuchen benutzt zu haben scheint, stattfinden, — das heisst, der ganz überwiegend grosse Theil der Harnstoffproduktion des Körpers konnte der Leber angehören, und das Nichtfinden einer Differenz berechtigt also nicht zum Ableugnen einer wesentlichen Betheiligung der Leber an der Harnstoffbildung.

Im Vorstehenden glaube ich den Beweis geliefert zu haben, dass eine vergleichende Untersuchung des zu- und abströmenden Blutes keine Methode ist, mittelst deren wir hoffen dürfen, einen Aufschluss über die Funktion der Leber zu erhalten. Ich hatte in der Einleitung noch 2 andere wesentlich chemische Methoden als gebräuchlich bezeichnet,

um eine Lösung derselben Aufgabe zu versuchen; die eine ging darauf hinaus, eigenthümliche Stoffe in der Lebersubstanz in grösserer Menge als im Blut nachzuweisen; die andere war auf die Auffindung eben solcher im Blut nicht vorkommender specifischer Sekretionsbestandtheile in der Galle gerichtet. Den Resultaten der ersteren Methode ist, abgesehen von der Unsicherheit der Befunde, mit Recht schon von mehreren Forschern eine hinreichende Beweiskraft abgesprochen; denn eine lokale Anhäufung solcher eigenthümlicher Stoffe braucht gewiss keine Produktion oder auch nur stetige vermehrte Abscheidung derselben an dem betreffenden Orte vorauszusetzen. Auf die zweite Methode aber müssen wir ganz ähnliche Ueberlegungen anwenden, wie wir sie für die vergleichenden Blutuntersuchungen angestellt haben. Wir kennen die untere Grenze für die Möglichkeit einer Auffindung, z. B. der Gallensäuren im Blute zwar noch nicht; aber es muss unter dem Eindruck der obigen Berechnungen als durchaus nicht unwahrscheinlich bezeichnet werden, dass uns kein Nachweis der specifischen Gallenstoffe im Blute gelingt, und doch durch stetige minimale Absonderung die uns bedeutend erscheinende 24stündige Menge dieser Stoffe geliefert wird. In jenem negativen Resultat der Bluntuntersuchung auf Gallenstoffe, und in dem Ergebniss der vergleichenden Blutanalyse, durch welches man Differenzen in den Bestandtheilen nachwies, die nicht als präformirte Gallenstoffe, sondern nur als Material zu solchen angesehen werden konnten, fand man bisher einen wesentlichen Beweis dafür, dass die Leberzellen die Bildungsstätten der Galle sind. Dieser Beweis erscheint nach Vorstehendem nicht mehr hinreichend gestützt, sondern lässt entschieden die Möglichkeit offen, dass die eigenthümlichen Bestandtheile der Galle auch fertig gebildet der Leber zugeführt und hier nur aus dem Blute abgeschieden werden könnten.

Die Frage nach der Funktion der Leber ist somit durch meine Untersuchungen nicht klarer gestellt, sondern scheinbar nur verworrener geworden. Und dennoch, glaube ich, liegt eine nothwendige und förderliche Erkenntniss in dem von mir geführten Nachweis, dass Methoden ganz anderer Art versucht werden müssen, um dies Problem zu lösen; dass dagegen jene scheinbar so viel

versprechende Methode der vergleichenden chemischen Blutuntersuchung nicht zum Ziele führen kann, weil die Sekretionsstoffe der Leber von der quantitativ richtig geschätzten Blutmenge in der Zeiteinheit einen so geringen Bruchtheil ausmachen, dass derselbe in die Fehlergrenzen unserer Analysen fallen muss.

Diese Anschauung von dem Verhältniss zwischen den in der Zeiteinheit vor sich gehenden Veränderungen des Blutes und den Fehlergrenzen unserer Methoden beim Nachweis solcher Differenzen ist natürlich auch auf das Blut anderer Organe zu übertragen. Die Leber ist in dieser Beziehung nur Paradigma; ihr ist von jeher ein besonders lebhafter Einfluss auf das Blut vindicirt; erhält in den Leberzellen das durchströmende Blut kein für uns nachweisbares Gepräge, so wird noch viel weniger die Veränderung des Bluts durch andere Organe uns bemerkbar werden können. Für unsere Analyse ist daher das Blut des ganzen Körpers überall von der gleichen Zusammensetzung; nur der Gasgehalt bedingt eine Ausnahme; denn der Austausch der Gase findet in solchen Dimensionen statt und erlaubt durch die volumetrische Bestimmung eine derartig genaue Analyse, dass wir in den Mengenverhältnissen des Sauerstoffs und der Kohlensäure — aber auch in diesen allein — deutliche Differenzen finden müssen. In Bezug auf die übrigen Bestandtheile werden wir zwischen venösem und arteriellem Blut stets vergeblich nach Unterschieden suchen. Selbst im Nierenvenenblut wird es nicht gelingen, eine Verminderung des Harnstoffgehalts gegenüber dem arteriellen Blut nachzuweisen; denn auch die Abscheidungsgrösse dieses wesentlichen Repräsentanten des Stoffwechsels ist nicht bedeutend genug, um in jedem Moment eine merkliche Verminderung seines Gehalts im Blute hervorzurufen.

Noch manche andere physiologische Fragen lassen sich als Beispiele dafür anführen, wie sehr eine vergleichende Betrachtung über die Zulänglichkeit unserer Methoden gegenüber dem auf die Zeiteinheit reducirten Effekt eines Vorgangs geeignet ist, vor falschen Vorstellungen und Deutungen zu schützen. Wenn man z. B. nach Einreibung von Quecksilberpräparaten auf die Haut Untersuchungen des Bluts und anderer Körperbestandtheile auf Hg vornehmen und aus einem negativen Resultat den Schluss ziehen wollte, dass keine

Hg-Resorption stattgefunden habe, so würde man auch hier wieder einem Betrachtungsfehler einen unrichtigen Schluss verdanken; denn die Hg-Resorption kann eine beträchtliche und doch im einzelnen Zeitmoment so minimale sein, dass sie auch nach längerer Zeit für unsere Analyse nicht bemerkbar wird, wenn nicht die Ausscheidung noch langsamer von Statten geht als die Resorption und so eine Anhäufung des Quecksilbers erfolgt.

Bei Experimenten im Laboratorium erzielen wir meist nur momentane Effekte; wir vernachlässigen bei ihnen fast immer den Faktor der Zeit. Befangen in der so gewöhnten Anschauungsweise betrachten wir leicht auch die Effekte des lebenden Organismus von demselben Standpunkt und versuchen sie mit den Methoden zu analysiren, die sich für jene Experimente bewährten. Und doch sind selbst die imponirendsten Resultate der Thätigkeit des Organismus immer nur durch oft wiederholte Summirung uncontrolirbarer kleinster Grössen entstanden und daher die in dem einzelnen Zeitmoment vor sich gehenden Veränderungen für unsere Methoden nicht messbar.

Ueber die Einwirkung der gallensauren Salze auf den Verdauungskanal von Hunden.

Von

Dr. M. Schülein.

(Aus dem pathologischen Institut in München.)

Während in der Frage, wie viel von den in den Darm sich ergiessenden gallensauren Salzen wieder resorbirt werde, die meisten Forscher der neueren Zeit übereinstimmend der Ansicht sind, dass wenigstens der grössere Theil wieder in den Kreislauf zurückkehre, herrscht in der sich daran schliessenden Frage, ob dieser Theil unzersetzt oder zersetzt und (wenn bloss theilweise zersetzt) in welchen gegenseitigen Mengenverhältnissen er resorbirt werde, eine grosse Divergenz der Meinungen in Bezug auf die Deutung der bisher aufgefundenen Thatsachen. Die Frage hat um so grössere Bedeutung als sie in das pathologische Gebiet, in das Kapitel Icterus, hinüberstreift. Nach der einen Ansicht wird der grössere Theil der in den Darm ergossenen Gallensäuren unzersetzt oder noch nicht tief zersetzt (als Glyco-, resp. Taurocholsäure und Cholsäure) resorbirt, während bei Icterus die ganze Menge ins Blut gelangt. Dem wurde entgegengehalten, dass in gewissen Fällen von Icterus (z. B. bei Carcinom der Leber, bei acuter Leberatrophie etc.) man wohl nicht annehmen könne, dass die Sekretionsgrösse der Leber bezüglich der Galle sich unverändert erhalten habe, ferner dass es durch Nichts bewiesen sei, dass nicht

im Darm ein Theil tiefere Zersetzungen erfahre und erst in diesem Zustande resorbirt würde.

Nach einer Mittheilung Herrn Dr. Tappeiner's schien es möglich, die Gesammtheit der eben berührten Fragen durch eine Versuchsreihe zu beantworten, welche in folgender Weise auszuführen wäre:

Ein Gallenfistelhund, dessen täglich abgesonderte Gallenmenge bekannt ist, wird unter möglichster Annäherung an die natürlichen Verhältnisse mit so viel cholsaurem Natron gefüttert, bis die ersten Symptome des Icterus, d. i. nach Röhrig Pulsverlangsamung, eintreten. Die Differenz der eingeführten und aus dem Kothe wieder gewonnenen Cholsäure ergibt die vom Thiere resorbirte Menge. Zeigt es sich, dass bis zum Eintritt der Pulsverlangsamung weniger Cholsäure resorbirt wurde, als die der normalen Sekretionsgrösse entsprechende Menge Cholsäure beträgt, so ist die gefütterte Cholsäure unzerlegt resorbirt worden; sind dagegen grössere Mengen erforderlich, so muss nothwendig ein Theil der Cholsäure in der Form von Zersetzungsprodukten, die keine toxischen Wirkungen mehr besitzen, resorbirt worden sein; dieser Theil wird um so grösser sein, je grössere Mengen resorbirt werden müssen, um Pulsverlangsamung hervorzurufen.

Man sieht sofort, dass der Schwerpunkt dieser Aufgabe darin liegt, eine Methode zu erfinden, die mit genügender Schärfe die im Kothe enthaltene Cholsäure bestimmen lässt; es war daher mein Erstes, als ich die Ausführung der eben besprochenen Versuchsreihe übernahm, in dieser Richtung zu arbeiten.

Es hat sich nun auch eine solche Methode gefunden; allein da sich gleich nach den ersten Fütterungsversuchen Complicationen einstellten, von deren genauerer Untersuchung die Möglichkeit der Lösung der mir gestellten Frage abhängig erschien, so wäre die Darstellung der Methode mit Rücksicht auf das Ergebniss der erwähnten Untersuchung ausserhalb des Rahmens der vorliegenden Arbeit; es wird jedoch seiner Zeit an geeigneter Stelle darüber berichtet werden; aus demselben Grunde unterlasse ich es auch, einige Einwürfe, welche gegen die uneingeschränkte Beweiskraft obiger Versuchsreihe in den angeregten Fragen gemacht werden

können, ausführlich zu besprechen und zu widerlegen. Die nunmehr näher gelegene Frage aber war die „über die Einwirkung der Gallensäuren auf den Verdauungskanal".

Die Angaben, die ich in dieser Hinsicht in der Literatur verzeichnet finde, sind selbst bei sorgfältiger Umschau sehr spärlich. Allerdings findet man in älteren Pharmakopoeen (z. B. von Sobernheim 1840), dass die Ochsengalle „fördernd auf die Darmausleerungen und sedirend auf die aufgeregten Unterleibsorgane" wirke, wie dies auch noch in neueren Pharmakopoeen und namentlich in einem Aufsatz von Wolff (Deutsche Klinik 1864 Nr. 26) hervorgehoben wird. In den neuesten Handbüchern der Arzneimittellehre ist die verdauungstörende Wirkung der Galle, wenn sie in den Magen gelangt, durch ihre fällende Wirkung auf Pepsin erklärt (Nothnagel). Es scheint jedoch, dass diese Schlüsse, die letzte Angabe ausgenommen, vielmehr der erfahrungsgemässen Beobachtung am Krankenbette bei Anwendung des officinellen Fel tauri inspissatum entnommen sind, als dass sie ein exaktes physiologisches Experiment zur Basis haben. Die Wirkung der Gallensäuren auf den Verdauungskanal wurde bei physiologischen Experimenten überhaupt nur spärlich beobachtet und, da sie meist ausser Bereich der gerade zu beantwortenden Frage gelegen, für zufällig gehalten und nicht weiter verfolgt. Die meisten Beobachtungen in diesem Sinne wurden gelegentlich der Einspritzung von Gallensäuren in das Blut gemacht. So beobachtete v. Dusch (Untersuchungen und Experimente als Beitrag zur Pathogenese d. Ict. Leipzig 1853), nachdem er einem 4.75 Kilo schweren Hunde 20.5 ccm. Ochsengalle in die V. saph. eingespritzt, nach fünf Minuten Erbrechen; desgleichen nachdem er 3.2 gr. glycochols. Natron eingespritzt hatte, nach drei Minuten. Kühne (Arch. f. path. Anat. XIV) beobachtete nach Einspritzung von 15 ccm. einer gesättigten Lösung von choloidins. Natr. nach einigen Stunden Erbrechen; Hoppe (Arch. f. path. Anat. XXIV) fand, dass sich nach Injektion von 2.0 gr. cholals. Natr. in die Jugularis, Erbrechen und Durchfall einstellte; nachdem der Hund getödtet, fanden sich zahlreiche Blutungen in der Darmschleimhaut. Huppert (Archiv f. Heilkunde V) fand bei einem Hunde nach Injektion von Gallen-

säuren ins Blut Gallensäuren im Magen, allein „der Hund hatte während des Versuchs erbrochen". Ich wiederhole, dass alle diese Beobachtungen, gelegentlich anderer Versuche gemacht und als zufällige Ereignisse gehalten, nicht weiter beachtet wurden. Aus diesem Umstande wird es zum Theil auch erklärlich, dass in vielen Versuchs-Protocollen über Einspritzungen von gallensauren Salzen in das Blut in so grossen Dosen, dass eine Einwirkung auf den Verdauungskanal nach meinen Beobachtungen nothwendig erfolgen musste, von einer solchen nichts erwähnt wird; sie mag beobachtet worden sein, wurde aber der Aufzeichnung nicht werth gehalten.

So machte Neukomm (Arch. f. Anat. und Phys. 1860) Injektionen von 0.8—2.2 gr. glycochols. Natron ins Blut, ohne eine derartige Wirkung zu beobachten; dessgleichen Huppert (Arch. der Heilkunde V. Jahrg.), welcher Mengen bis zu 4.0 gr. anwandte; ebenso Röhrig (Arch. der Heilkunde IV. Jahrg.), der die gallensauren Salze in das Blut, in den Magen und Darm seiner Versuchsthiere einführte: er erwähnt trotz seiner zahlreichen Versuche nur eines einzigen Falles, in welchem ein Kaninchen, dem er 0.35 gr. cholsaures Natron in eine Vene einspritzte, während der ganzen Dauer des Versuches grosse Mengen breiigen Kothes entleerte. Auffallend und mit den Röhrig'schen Beobachtungen bezüglich der Resorption, mit meinen bezüglich der Darmerscheinungen in schwierig erklärbaren Widerspruch sind die Ergebnisse einer Arbeit von Schiff (Arch. f. Phys. 1870), wenn derselbe seinen Gallenfistelhunden über die Norm hinaus Galle oder käufliches gallensaures Natron in den Magen oder das Duodenum brachte, so beobachtete er Pulsverlangsamung und Vermehrung des Gallenfarbstoffs im Harne. Dessgleichen eine Angabe Naunyn's (Arch. f. Anat. und Phys. 1868), derselbe gibt einem kleinen Hunde 2.0 gr. Natron choleinicum in einer Wurst und beobachtet hernach Appetitlosigkeit und geringe im Verlaufe des folgenden Tages wieder verschwindende Herabsetzung der Pulsfrequenz.

In einer Arbeit von Kemarsky ferner (über die Einwirkung gallensaurer Salze auf Thiere sind, wie aus einem im Jahresberichte für Anat. und Phys., herausgegeben von Schwalbe und Hof-

mann) enthaltenen Referate hervorgeht, Beobachtungen über Erbrechen und Durchfälle nicht mitgetheilt.

Der Vollständigkeit halber citire ich endlich noch J. Ranke: die Blutvertheilung und der Thätigkeitswechsel der Organe, Capitel IX: Physiologische Wirkung der Galle, § 1 über die Ursachen des plötzlichen Todes bei Einspritzung conc. Gallenlösungen ins Blut, und § 2 Einwirkung des frischen Lebersekretes des Kaninchens auf seine eigene Herzbewegung, obwohl die Bedingungen der in § 1 und wahrscheinlich auch in § 2 beschriebenen Versuche solche sind, dass eine Wirkung auf den Verdauungskanal nicht eintreten konnte.

Ausser K. Müller (Arch. f. exp. Pathologie und Pharmacologie Bd. I), welcher Hunden 14 Tage lang täglich kleine Dosen gallensaurer Salze ins Blut spritzte und dabei manchmal Diarrhöen und Erbrechen beobachtete, sind die einzigen Autoren, welche der Einwirkung der Gallensäuren auf den Verdauungskanal grössere Aufmerksamkeit schenkten: Leyden (Beiträge zur Pathologie des Icterus, Berlin 1866), Grollemund (étude expérimental de l'action des acides biliaires sur l'organisme, Thèse Strassbourg 1869) und Feltz et Ritter (Journal de l'anatomie et de la physiologie 1871 und 1874).

Leyden beobachtet bei einer Injektion von 0.7 gr. glycochols. Natron in das Blut bei Hunden noch keine Wirkung auf den Verdauungskanal, dagegen bei Mengen von 1.0—1.5 gr. wiederholt Erbrechen und Durchfall; bei zwei von ihm vorgenommenen Einspritzungen von 0.4 und 0.6 gr. desselben Salzes in das Rectum und bei einer solchen von 2.0 gr. in den Magen von Kaninchen wiederholten Durchfall. Er zieht hieraus den Schluss: „dass gallensaure Salze die Darmbewegung anregen und in grösseren Mengen in den Magen gebracht, Durchfälle zu erzeugen im Stande sind."

Grollemund, Feltz und Ritter beobachteten häufig bei Hunden, denen sie gallensaure Salze in das Blut einspritzten, Erbrechen und Durchfälle neben erhöhter Sekretion der Speicheldrüsen, der Nasenschleimhaut, der Nieren; sie ziehen aus diesen Beobachtungen den Schluss, dass der Organismus energisch gegen das eingeführte Gift reagirt und sich desselben durch alle ihm zu

Gebot stehenden Mittel zu entledigen sucht. Die Beobachtungen der oben genannten Forscher scheinen in weiteren Kreisen nicht bekannt geworden zu sein, wenigstens sind dieselben in die neueren Sammelwerke nicht aufgenommen worden; auch ich machte deren Bekanntschaft erst, als ich schon im Besitze der Hauptresultate der folgenden Arbeit dem Gegenstande bei der Durchsicht der Literatur grössere Aufmerksamkeit schenkte. Meine Versuche sind ausschliesslich an Hunden vorgenommen und hatten vorzüglich die Feststellung oder Wirkung bei Variation der Dosis, des Präparates und der Applicationsweise zur Aufgabe.

Die Einführung der gallensauren Salze in den Verdauungskanal geschah in der Regel dadurch, dass sie gelöst durch eine in die Speiseröhre eingeführte Schlundsonde eingegossen wurden. Die Thiere waren vorher durch das tägliche Einführen der Sonde und Eingiessen von Wasser an den Reiz gewöhnt worden. Vor dem Auf- und nach dem Abbinden des Thieres wurde öfters die Pulsfrequenz bestimmt, nie aber so lange das Thier aufgebunden war. Mit Recht macht Huppert (Arch. f. Heilk. V) darauf aufmerksam, wie schwer es sei, so ruhige Thiere zu bekommen, dass man absolut sichere Zahlen für die Pulsfrequenz erhalten kann; ich selbst habe mich immer wieder überzeugt, dass die Herzaktion nicht narkotisirter Thiere, so lange sie aufgebunden waren, fortwährend eine stürmische und unregelmässige war und dass sie auch dann noch beeinflusst wurde, wenn man lange nach der Operation das Thier zum Zweck der Zählung ohne es aufzubinden wieder auf den Operationstisch brachte. Ich zog es daher vor, nachdem ich die Thiere einigermassen an mich gewöhnt hatte, dieselben unter Streicheln am Boden auf ihre linke Seite zu legen; indem ich sie mit der linken Hand streichelte, konnte ich mit der rechten auf das Deutlichste den Herzstoss fühlen, so dass ich überzeugt bin, auf diese Weise zuverlässige Zahlen erhalten zu haben.

Die zunächst angewandte Gallensäure war Cholsäure. Ich erhielt sie durch Kochen von Ochsengalle mit Barythydrat, Ausfällen mit Salzsäure, Aufnehmen des Niederschlages in Alkohol und so oftmaliges Umkrystallisiren aus demselben, bis sie völlig farblos war. Durch Lösen in Wasser unter Zusatz von etwas kohlensaurem

Natron, Abdampfen, Aufnehmen des Rückstandes in Alkohol und Verjagen desselben erhielt ich das reine cholsaure Natron.

I. Versuch:

Einem kräftigen Gallenfistelhunde, von 8.0 Kil. Gewicht, dem zu dem Eingangs erwähnten Zweck eine Gallenfistel angelegt worden war, wurden den 16. V. 76

8. 30 Früh 4.0 gr. Chols. in Wasser mit etwas kohlens. Natron bis zur schwachen alk. Reaktion gelöst, in den Magen eingespritzt. Puls vorher 64 in ½ Min.

8. 45 Erbrechen; das Erbrochene war von saurer Reaktion, die Gallensäuren darin gefällt zu erkennen. Puls derselbe.

II. Versuch:

Demselben Hund werden den 20. V. 76

9. — Früh 2.0 gr. Chols. in derselben Weise gelöst in den Magen eingespritzt. Puls vorher 70 in ½ Min.

9. 10 Erbrechen und Diarrhöe zu gleicher Zeit. Puls darnach 66, später 70, dann wieder 66 in ½ Minute.

Um eine etwa stattfindende Reizung der Geschmacksnerven in der Mund- oder sensibler Nerven in der Rachenhöhle durch die Cholsäurelösung, die reflektorisch Erbrechen hervorrufen konnte — mechanische Reizung war von vornherein als Ursache etwaigen Erbrechens durch die erwähnte Gewöhnung an die Einführung der Sonde ausgeschlossen — zu verhüten, operirte ich nunmehr mit dem oben beschriebenen cholsaurem Natron, welches der Rechnung zufolge 89.4 % Cholsäure enthält.

III. Versuch:

Derselbe Hund erhält am 23. V. 76

9. — Früh 1.0 gr. chols. Natron in Oblaten gut eingewickelt, in den Schlund hinabgeschoben. Puls vorher 66 in ½ Min.

10. — Dieselbe Dosis. Puls unverändert.

12. — Puls 64 in ½ Min.

12. 15 Erbrechen und Diarrhöe; in dem Erbrochenen sind die nun breiig gewordenen Pillen zu erkennen. Puls 66 in ½ Minute.

Beim nächsten Versuche, den ich mit diesem Hunde mit einem gelösten Präparate anstellen wollte, gelangte ich mit der Sonde, unglücklicherweise ohne es zu bemerken, in die Trachea und das Thier ging in Folge der Injektion zu Grunde.

Bei der Sektion zeigten sich leichtere Geschwüre in der Schleimhaut des Duodenums und starker Katarrh fast des ganzen Darmtraktus, durch Röthung und Schwellung der Schleimhaut gekennzeichnet. Ob diese Affektion des Darmes identisch ist mit jener, wie sie nach längerem Bestehen einer Gallenfistel nach Kölliker und Müller (Verhandl. d. phys. med. Ges. zu Würzburg 1856) und Kunkel (Ber. d. k. sächs. Ges. d. Wissensch. 1875) sich vorfindet, ob sie nicht vielmehr ihren Ursprung der wiederholten Einwirkung des gallensauren Natrons zu verdanken habe, will ich vorläufig dahin gestellt sein lassen. Jedenfalls waren die Veränderungen derart, dass sie zwar nicht die eigenthümliche Wirkung der Injektion erklären, aber doch zur Hervorrufung der Wirkung möglicherweise beigetragen haben konnte. Ich hielt es daher für zweckmässig, noch an anderen Thieren in der Art zu experimentiren, dass ich zwischen den einzelnen an selben Thieren vorgenommenen Injektionen eine wenigstens eintägige Pause einschaltete, um dem durch die Einspritzung möglicherweise etwas katarrhalisch gereizten Darm Zeit zu lassen zur Norm zurückzukehren.

IV. Versuch:

Einem munteren 6.0 Kil. schweren Hund werden den 27. V. 76

10. 30 Morgens 0.5 gr. chols. Natron gelöst in den Magen eingespritzt.

12. 30 Erbrechen. Puls äussert unregelmässig, kaum zu bestimmen, schwankt zwischen 92 und 104 in der Minute auch am nächsten Tage noch.

V. Versuch:

Einem anderen 6.6 Kil. schweren Hunde werden den 1. VI. 76

9. 15 Morgens 0.5 chols. Natron gelöst in den Magen eingespritzt. Puls vorher 23 in 1/4 Min.

Da keine besonderen Erscheinungen sich einstellen, wird um
11. 30 die Dosis wiederholt.
11. 45 Erbrechen, dabei Stuhl. Puls 25 in 1/4 Min.

VI. Versuch:

Demselben Hunde werden den 7. VI. 76
10. 20 Morgens 0.25 gr. chols. Natron in wässeriger Lösung in den Magen eingespritzt. Bis Abends
6. — beobachtet, zeigte er gar keine besonderen Erscheinungen, namentlich keine Aenderung in der Pulsfrequenz oder im Appetit.

VII. Versuch:

Demselben Hunde werden den 8. VI. 76
11. 40 Vormittags 0.5 gr. chols. Natron in Wasser gelöst in den Magen eingespritzt. Puls vorher 22 in 1/4 Min.
4. — Erbrechen und Stuhl; ersteres reagirt sauer, ist nicht gallig gefärbt, gibt aber deutlich die Neukomm'sche Reaktion. Puls 20 bis 22 in 1/4 Min. Bis
7. — Abends beobachtet, zeigt keine besonderen Erscheinungen mehr. Puls am nächsten Morgen 20 bis 22 in 1/4 Min.

VIII. Versuch:

Demselben Hunde werden den 10. VI. 76
9. — Morgens 1.0 chols. Natron in wässeriger Lösung in den Magen eingespritzt. Puls vorher 24 in 1/4 Min.
9. 45 Erbrechen. Puls 25 in 1/4 Min. Das Erbrochene enthält die Gallensäuren gefällt; es ist farblos, fadenziehend, gibt die Neukomm'sche Reaktion. Bis
4. — beobachtet, zeigt keine besonderen Erscheinungen mehr.

IX. Versuch.

Einem kleineren 4.0 Kil. schweren Hunde werden — nachdem er zuvor festen Stuhl gehabt — den 22. VI. 76
2. 20 Nachmittags 0.8 chols. Natron in wässeriger Lösung in den Magen eingespritzt. Puls vorher 27 in 1/4 Min.
3. 40 Stuhl; zuerst breiig, dann flüssig von alkal. Reaktion. Puls 25 in 1/4 Min. In dem zu gleicher Zeit gelassenen Urin keine Gallensäuren, auch kein Blutfarbestoff nachweisbar.

4.30 Puls 25 in 1/4 Min.
5.45 Puls 25 in 1/4 Min.
6.— Starke Diarrhöe; Stuhl von alkalischer Reaktion, Flüssigkeit mit darin suspendirten Flocken; da es keine Speisereste zu sein scheinen, sondern Schleim oder die gefällten, dann nicht mehr gelösten Gallensäuren, so werden die Flocken mit Wasser gehörig ausgewaschen und mit Alkohol, in welchem sich ein ziemlicher Theil löst, aufgenommen. Ein Tropfen der alkoholischen Lösung gab eine sehr schöne Neukomm'sche Reaktion; es mag demnach wohl ein nicht unerheblicher Theil des eingeführten cholsauren Natrons sehr rasch durch den Darm hindurchgegangen sein. Bis
7.30 beobachtet, zeigen sich keine besonderen Erscheinungen mehr.

X. Versuch:

Demselben Hunde werden, nachdem er zuvor wieder festen Stuhl gehabt, den 24. VI. 76

2.25 Nachmittags 1.2 gr. chol. Natron in wässeriger Lösung in den Magen eingespritzt. Puls vorher 23 in 1/4 Min.
3.25 Diarrhöe; Urin enthält weder Gallensäuren, noch Blutfarbestoff. Puls unverändert.
5.45 Puls 25 in 1/4 Min.
6.15 Starke Diarrhöe; wässerige Flüssigkeit mit Schleim gemischt, von stark alkalischer Reaktion. Puls 25 in 1/4 Min. Bis
8.— beobachtet, zeigt das Thier keine besonderen Erscheinungen mehr.

Nachdem das Präparat auch bei anderen Thieren auf das Entschiedenste seine Wirkung entfaltet hatte, war es zweifellos, dass es als ein intensives Erregungsmittel der Darmperistaltik, sowie der Bauchpresse zu betrachten sei. Es schien mir untersuchenswerth, auch die Wirkungen anderer gallensauren Präparate zu erproben und mit denen des cholsauren Natron zu vergleichen. Um dies thun zu können, habe ich in allen folgenden zur Verwendung gekommenen Präparaten die Menge der in ihnen enthaltenen gallensauren Alkalien auf cholsaures Natron berechnet und diese reducirten Werthe bei den Versuchen der Dosirung zu Grunde gelegt. Ich begann mit der rohen Ochsengalle.

XI. Versuch:

Dem Versuchsthiere von Nr. 8 werden den 14. VI. 76

9\. 20 Vormittags 1.8 gr. bei 100° getrockneter, dann in Wasser gelöster Ochsengalle durch die Schlundsonde eingespritzt. Puls vorher 25 in 1/4 Min.

10\. 30 Puls 25 in 1/4 Min.

5\. 45 Breiiger Stuhl. Puls 23 in 1/4 Min.

Obwohl die eingeführte Menge Galle einer ungefähren Berechnung nach 1.0 cholsaures Natron enthielt, das im freien Zustande eine nicht verkennbare Wirkung hervorgebracht haben müsste, war hier kaum eine solche zu constatiren. Es wurde daher die Dosis erhöht.

XII. Versuch:

Demselben Hunde werden den 17. VI. 76

9\. 10 Vormittags 2.6 gr. bei 110° getrockneter, dann in Wasser gelöster Ochsengalle in den Magen eingespritzt. Puls vorher 25 in 1/4 Min.

10\. — } Puls unverändert.
11\. 45 }

1\. — Breiiger Stuhl.

5\. — Heftige Diarrhöe, fast nur aus Flüssigkeit, ohne Speiseresten, bestehend, stark alkalisch reagirend.

6\. — Puls 25 in 1/4 Min. Bis

7\. — beobachtet, keine weiteren Erscheinungen.

Um zu erforschen, welcher Umstand die geringere Wirkung der Ochsengalle zur Folge habe, ging ich nun über zu Versuchen mit krystallisirter Galle. Ich gewann sie durch Ausziehen der bei 110° getrockneten, oben angewandten, Ochsengalle mit absolutem Alkohol, Entfärben desselben mit Thierkohle, Ausfällen mit Aether und Trocknen des Niederschlages bei 110°.

XIII. Versuch:

Demselben Hund werden den 19. VI. 76

8\. 45 Vormittags 1.4 gr. kryst. Galle in wässeriger Lösung in den Magen eingespritzt (etwas Verlust wegen Unruhe des

Thieres). Puls schwankt während der ganzen Versuchszeit unregelmässig zwischen 22 und 25 in ¼ Min. Bis

6. — beobachtet, ohne dass besondere Erscheinungen aufgetreten wären.

XIV. Versuch:

Demselben Hund werden den 20. VI. 76

8. 30 Vormittags 2.0 gr. kryst. Galle in wässeriger Lösung in den Magen eingespritzt. Puls vorher 23 in ¼ Min.

9. 45 Stuhl zuerst normal, der letzte Theil stark diarrhöisch, von alkalischer Reaktion, gibt eine sehr deutliche Neukomm'sche Reaktion und enthält mikroskopisch untersucht, sehr viele Epithelien. Puls 24 in ¼ Min.

1. — Erbrechen (sauer reagirend, die Gallensäuren scheinen darin zum Theil gefällt zu sein, gibt auch die Neukomm'sche Reaktion), zugleich heftige Diarrhöe von der Beschaffenheit des Stuhles von heute Morgen. Puls 23 in ¼ Min. Bis

8. — beobachtet, ohne weitere Erscheinungen.

Aus den letzten vier Versuchen ergibt sich eine absolut schwächere Wirkung der rohen Galle und der krystallisirten Galle im Verhältniss zum cholsauren Natron, eine schwächere Wirkung der Galle im Verhältniss zur krystallisirten Galle. Ich ging nun über zu Versuchen mit glycocholsaurem Natron. Reine Glycocholsäure wurde mir von Herrn Dr. Tappeiner zur Verfügung gestellt; dieselbe war in Tübingen nach der von Professor Hüfner dargelegten Methode (Journal f. prakt. Chemie. 1874. Band X. S. 267) dargestellt worden; aus dieser stellte ich mir, auf die nämliche Weise wie aus der Cholsäure deren Natronsalz, das glycocholsaure Natron dar. Die Rechnung ergibt, dass 100 Theile desselben bei 110° getrocknet, 72.86 Theilen cholsauren Natrons entsprechen, mithin sind enthalten:

in	1.4	gr.	glycochols.	Natron	1.0	gr.	chols.	Natr.
„	1.5	„	„	„	1.1	„	„	„
„	2.1	„	„	„	1.5	„	„	„

XV. Versuch:

Dem vorigen Versuchshunde werden den 26. VI. 76

9. 38 Vormittags 1.4 glycochols. Natron in wässeriger Lösung in den Magen eingespritzt Puls vorher 23 in ¼ Min.

10. 45 }
12. — } Puls unverändert.
2. 30 }

2. 45 Stuhl; zuerst fest, dann breiig, zuletzt flüssig. Bis
7. — beobachtet, keine besonderen Erscheinungen.

XVI. Versuch:

Dem Versuchsthier von Nr. 9 und 10 werden, nachdem es eben festen Stuhl gehabt, den 26. VI. 76

9. 23 Vormittags 1.5 gr. glycochols. Natron in wässeriger Lösung in den Magen eingegeben. Puls vorher 25 in ¼ Min.

10. 45 Puls 47 in ¼ Min.

12. — Puls 27 in ¼ Min.

2. 30 Der eben gelassene Harn enthält keine Gallensäuren. Bis
7. — beobachtet, bietet keine besonderen Erscheinungen. Puls immer 25—27 in ¼ Min.

XVII. Versuch:

Dem Versuchsthier von Nr. 15 werden den 28. VI. 76

8. 40 Morgens 2.1 gr. glycochols. Natron in wässeriger Lösung in den Magen eingespritzt. Puls vorher 25 in ¼ Min.

10. 30 Puls 24 in ¼ Min.

10. 40 Stuhl breiig, zuletzt diarrhöisch.

11. 15 Puls unverändert.

12. — Erbrechen; saure Reaction.

1. 30 Diarrhöe. Puls 25 in ¼ Min.

4. — Nochmals Erbrechen, nachdem das Thier eine Stunde vorher gefressen. Puls 25 in ¼ Min.

Es nimmt demnach die Glycocholsäure bezüglich ihrer Wirksamkeit den Rang nach der krystallisirten Galle ein. Da diese neben Glycocholsäure nur noch Taurocholsäure enthält, so muss letztere allein um so prompter wirken. Ich verschaffte mir taurocholsaures Natron auf dieselbe Weise wie krystallisirte Galle, unter

Anwendung von Hundegalle als Rohmaterial, die von einem Gallenfistelhunde aufgefangen und bei 110° getrocknet worden war. Da Hundegalle fast nur taurocholsaures Natron enthält, so konnte ich sofort den durch Fällung mit Aether gewonnenen Niederschlag, bei 110° getrocknet zum Versuch verwenden. Das taurocholsaure Natron entspricht 66.22 % cholsaures Natron, mithin sind in 1.5 gr. taurocholsaurem Natron 1.0 gr. cholsaures Natron enthalten. Leider konnte ich nur die zu einem Versuche nöthige Menge des Salzes erhalten, ich konnte die Dosis nicht bis zur Brechwirkung steigern; jedoch wird, wie ich glaube, die stärkere Wirkung der Taurocholsäure im Vergleiche zur Glycocholsäure schon aus dem einen Versuche deutlich genug hervorgehen.

XVIII. Versuch:

Dem Versuchshunde von Nr. 17 werden den 2. VII. 76, nachdem er vorher festen Stuhl gehabt,

8. 45 Morgens 1.5 gr. taurocholsaures Natron in wässeriger Lösung in den Magen eingespritzt. Puls vorher 22 in 1/4 Min.

9. 15 Stuhl zuerst kothig, dann diarrhöisch. Puls 25 in 1/4 Min.

10. 45 Puls 23 in 1/4 Min.

11. 10 Heftige Diarrhöe, aus schleimiger brauner Flüssigkeit bestehend, von stark alkalischer Reaktion.

2. 15 Puls 23 in 1/4 Min. Bis Abends beobachtet, blieben weitere Erscheinungen aus.

Dieser Versuch beweist, dass die Taurocholsäure der Cholsäure an Wirksamkeit nur wenig nachsteht, da sich die Wirkung bereits nach 30 Minuten geltend machte; ich zweifle auch nicht, dass bei einer auch nur geringen Steigerung der Dosis Erbrechen erzielt werden könnte. Es wird ihr bezüglich ihrer Wirksamkeit der Rang zwischen cholsaurem Natron und krystallisirter Galle anzuweisen sein. Ich möchte noch schliesslich hervorheben, dass in Uebereinstimmung mit Röhrig bei allen soeben beschriebenen Versuchen im Verhalten des Pulses und Harns ein Abweichen von der Norm nicht zu beobachten war, das auf eine stattgefundene Resorption von gallensauren Salzen hätte schliessen lassen.

Bevor ich nun weiter auf die Frage über die verschiedene Wirksamkeit verschiedener Gallensäurepräparate, über ihre Wirkungsweise überhaupt eingehe, will ich über das Ergebniss zweier Versuche referiren, die einerseits den Zweck hatten, die von den oben citirten Autoren gemachte Beobachtung, dass bei Einspritzung von Gallensäuren ins Blut sich Darmerscheinungen einstellten, zu bestätigen, andrerseits Anhaltspunkte über das Verhältniss zu gewinnen, in welchem bezüglich der Zeit und Grösse der angewandten Dosis, Pulsverlangsamung und Darmerscheinungen zu einander stehen.

XIX. Versuch:

Dem Versuchsthier von Nr. 16 werden den 28. VI. 76

2. 25 Nachmittags 0.8 gr. cholsaures Natron in 12 ccm. destillirtem Wasser gelöst, langsam in die Vena jugularis externa dextra eingespritzt. Puls vorher 27 in 1/4 Min. Das Thier zeigt während der Einspritzung keine besonderen Erscheinungen. Unmittelbar nach der Injektion breiiger Stuhl. Das Thier wird rasch losgebunden.

2. 30 Erbrechen. Puls 25 in 1/4 Min.
35 „ „ 32 „ „ „
40 „ „ 36 „ „ „
45 „ „ 38 „ „ „
2. 50 Puls 34 in 1/4 Min.
55 „ 34 „ „ „
3. 5 „ 33 „ „ „
15 „ 28 „ „ „
25 „ 25 „ „ „
30 Entleert blutig gefärbten Urin, welcher Blutfarbestoff und Eiweiss enthält.
35 Puls 25 in 1/4 Min.
45 „ 22 „ „ „
55 „ 21 „ „ „
4. 5 „ 22 „ „ „
15 „ 24 „ „ „
25 Heftige Diarrhöe, von alkalischer Reaktion.

4. 35 Puls 25 in ¼ Min.
5. — „ 25 „ „ „
6. — „ 27 „ „ „
6. 29 Noch einmal Diarrhöe. Bis
9. — beobachtet, das Thier hat gefressen und ist vollkommen munter.

XX. Versuch:

Demselben Thiere werden den 2. VII. 76, nachdem es Morgens festen Stuhl gehabt,

10. 20 Vormittags 0.5 gr. cholsaures Natron in 12 ccm. destillirtem Wasser gelöst, in die Vena jugularis externa sinistra eingespritzt. Puls vorher 28 in ¼ Min. Während der Einspritzung keine besonderen Erscheinungen. Das Thier wird rasch losgebunden.
10. 24 Heftige Diarrhöe, schwach alkalisch.
25 Puls 33 in ¼ Min.
30 „ 32 „ „ „
35 „ 33 „ „ „
40 „ 32 „ „ „
45 „ 31 „ „ „
50 „ 28 „ „ „
11. — „ 29 „ „ „
11. 10 „ 29 „ „ „
20 „ 28 „ „ „
25 Entleert auffallend hell gefärbten Urin von alkalischer Reaktion, gibt die Neukomm'sche Reaktion sehr schön, dazu Stuhl, sehr wässerig, hell, von stark alkalischer Reaktion.
11. 30 Puls 29 in ¼ Min.
12. — „ 29 „ „ „
2. 15 „ 29 „ „ „
Nochmals Diarrhöe, schwach sauer reagirend.
3. — Entleert wieder sehr hell gefärbten Harn von schwach alkalischer Reaktion, der nur eine undeutliche Neukomm'sche Reaktion gibt, dazu Diarrhöe. Bis
Abends treten keine weiteren Erscheinungen ein.

Diesen Versuchen füge ich noch den Sektionsbefund an einem Thiere nach vollzogener Einspritzung in den Magen und erfolgter Wirkung auf den Darm bei, ohne mich auf naheliegende Schlussfolgerungen einzulassen, die Ziehung derselben vielmehr der öfteren Wiederholung dieses Versuches anheimstellend.

XXI. Versuch:

Dem letzterwähnten Versuchsthiere werden, nachdem es in der Zwischenzeit völlig normalen Appetit und Stuhl gehabt, am 11. VII. 76, 7. 15 Früh 2.0 gr. cholsauren Natrons in wässeriger Lösung in den Magen eingespritzt. Nach 45 Minuten hat es nach andauernden vorausgegangenen Würgbewegungen heftige Diarrhöe. Es wird sofort durch einen Stich ins Genick getödtet und nun die Sektion unter Beisein des Herrn Professors v. Buhl gemacht. Aus dem Sektionsbefunde ist hervorzuheben: „Die Besichtigung des Verdauungskanales ergibt die Zeichen des akuten Katarrhes des Darmes. Starke Schwellung der gesammten Schleimhaut, sehr intensive kapilläre Injektion im Duodenum, am stärksten im Anfangstheile desselben, gegen das Jejunum in die normale Färbung übergehend. Im Rectum ist wieder etwas Röthung."

Zur besseren Uebersicht stelle ich die am meisten charakteristischen Versuche in folgender Tabelle zusammen:

Nr. der Vers. u. Gew. des Hundes	Präparat	Wirkung nach																							
		Minuten					Stunden																		
		5	10	15	30	45	1	1¼	1½	1¾	2	2¼	2½	2¾	3	3¼	3½	3¾	4	4½	5	5½	6	7	8
9. 4.0 Kilo	chols. Natr. 0.8							D																	
10. 4.0 Kilo	chols. Natr. 1.2					D																			
16. 4.0 Kilo	glycoch. Natr. 1.5 (1.1)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
19. 4.0 Kilo	chols. Natr. 0.8 (ins Blut)	E D																							
20. 4.0 Kilo	chols. Natr. 0.5 (ins Blut)	D																							

Nr. der Vers. u. Gew. des Hundes	Präparat	Wirkung nach																							
		Minuten					Stunden																		
		5	10	15	30	45	1	1¼	1½	1¾	2	2¼	2½	2¾	3	3¼	3½	3¾	4	4½	5	5½	6	7	8
6. 6.6 Kilo	chols. Natr. 0.25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7. 6.6 Kilo	chols. Natr. 0.5																			E D					
8. 6.6 Kilo	chols. Natr. 1.0					E																			
15. 6.6 Kilo	glycoch. Natr. 1.4 (1.0)																				D				
17. 6.6 Kilo	glycoch. Natr. 2.1 (1.5)										D					E D									
18. 6.6 Kilo	tauroch. Natr. 1.5 (1.0)				D								D												
14. 6.6 Kilo	kryst. Galle 2.0 (1.4)							D												E D					
11. 6.6 Kilo	Ochsengalle 1.8 (1.0)																								D
12. 6.6 Kilo	Ochsengalle 2.6 (1.5)																	D							D

Anmerkung: Diejenigen Minutenzahlen der Versuche, die in der Tabelle nicht verzeichnet werden konnten, wurden der ihnen zunächst gelegenen Rubrik zugetheilt; z. B. 3 St. 20 Min. der Rubrik 3¼ Std. Die Angabe „Wirkung nach 15 Min." drückt aus, dass die Wirkung 15 Min. nach Beendigung des Versuches eintrat. Die Zahlen in Klammern geben die Menge cholsaures Natron an die in dem betreffenden Präparat der Rechnung nach enthalten ist. E bedeutet Erbrechen, D Diarrhöe.

Nach den vorstehenden Versuchen komme ich mit Leyden zu dem Schlusse, dass die Galle und die gallensauren Salze in gewisser Menge in den Verdauungskanal gebracht, ein mächtiges Erregungsmittel der Peristaltik desselben bilden. Die Wirkung entfaltet sich zunächst auf den Darm; wird die Gabe gesteigert, so folgt eine reflektorische Betheiligung des Magens und der Bauchpresse, indem sich zu den Diarrhöen Erbrechen gesellt; ist endlich die Gabe sehr stark, so erfolgt wahrscheinlich durch direkte Einwirkung auf die Magenschleimhaut, noch ehe die Säuren in den Dünndarm gelangt sind, sehr bald Erbrechen, wodurch dieselben aus

dem Organismus ausgestossen und verhindert werden, ihre Wirkung auf den Darm zu entfalten.

Die Gabe, die nöthig ist, um einem 4.0 bis 6.0 Kil. schweren Hunde Diarrhöe zu verursachen, beträgt mindestens 0.5 gr. cholsaures Natron; in einer Dosis von 1.0 bis 1.2 gr. bewirkt sie meist schon Erbrechen.

Die Reihenfolge, in welcher die einzelnen Präparate wirken, veranschaulicht folgende Tabelle der an dem 6.6 Kil. schweren Hunde angestellten Versuche:

Präparat	Auf chols. Natron berechnet	Eintritt der Wirkung nach	Art der Wirkung
chols. Natr.	0.25	ohne	ohne
"	0.5	4½ Std.	Erbrechen und Diarrhöe
"	1.0	¾ Std.	Erbrechen
taurochol. Natr. 1.5	1.0	½ Std.	wiederholt Diarrhöe
kryst. Galle 2.0	1.4	1¼ Std.	Erbrechen und Diarrhöe
glycoch. Natr. 2.1	1.5	2 Std.	Erbrechen und Diarrhöe
Ochsengalle 2.6	1.5	3¾ Std.	wiederholt Diarrhöe.

Man ersieht aus ihr, dass Cholsäure viel wirksamer ist als Glyco- und Taurocholsäure, sowohl bei gleicher Dosis als auch, wie es scheint, wenn die Dosis der letzteren beiden Säuren soweit gesteigert wird, dass die aus ihr berechnete Menge an Cholsäure der Menge der angewandten gleich kommt. Die intensivere Wirkung der Taurocholsäure gegenüber der Glycocholsäure erklärt sich vielleicht aus der leichteren Spaltbarkeit der ersteren in Cholsäure und Taurin, unter der Annahme, dass diese Spaltung zur Zeit des Eintritts der Wirkung im Darme bereits theilweise vor sich gegangen, die Wirkung des taurocholsauren Natrons also eigentlich die Resultirende der Wirkung von noch unzersetztem taurocholsauren Natron und bereits gebildetem cholsaurem Natron sei. Die krystallisirte Galle steht als ein Gemenge von glyco- und taurocholsauren Salzen, der Erwartung entsprechend in der Intensität ihrer Wirkung zwischen den beiden Säuren.

Rohe Ochsengalle wirkt auch auf gleiche Säuremengen berechnet etwas schwächer, als die aus ihr dargestellte krystallisirte Galle.

Auf eine weitere Analyse der Wirkung kann ich mich aus Mangel an geeigneten Versuchen nicht einlassen. Ich möchte nur noch zwei Punkte hervorheben, die mir für die Pathologie von Interesse scheinen.

Erstens. Da es nach dem Gesetze der Continuität wahrscheinlich ist, dass die gallensauren Salze nicht bloss in grossen Dosen heftige peristaltische Bewegungen auslösen, sondern auch in kleineren Dosen entsprechende schwächere Wirkungen entfalten und es deshalb nicht unwahrscheinlich ist, dass die während der Darmverdauung reichlicher zufliessende Galle neben anderen Aufgaben auch jene zu lösen hat, die Darmbewegung so zu steigern, dass die dadurch erzielte Compression, Mischung und Fortbewegung des Chymus die Resorption am besten fördert, so entspringt daraus für die Pathologie eine neue Möglichkeit, gewisse Verdauungsstörungen auf vermehrten oder verminderten Zufluss der Galle zum Darm zurückzuführen. Solches ist bereits früher, jedoch ohne thatsächliche Grundlage versucht worden. Als Belege hiefür citire ich einige Stellen aus Bamberger's (Krkh. d. chylopöetischen Syst., Erlangen 1864) und Niemeyer-Seitz (spec. Pathologie 1874).

So heisst es im erstgenannten Werke S. 188, bei Besprechung der galligen Diarrhöen: „man glaubt, dass eine übermässig gesteigerte oder qualitativ veränderte Sekretion der Galle solchen Diarrhöen zu Grunde liege. Wenn auch das genannte Faktum sicher steht, so ist doch die genannte Deutung eine gänzlich willkürliche. Keine einzige sicher gestellte Beobachtung berechtigt uns bis jetzt zu der Annahme, dass übermässige Menge oder veränderte Beschaffenheit der Galle solchen Diarrhöen zu Grunde liege." Gelegentlich der Besprechung der Symptome des Icterus heist es S. 476: „allein Obstipation — die man wohl mit Frerichs aus der durch die Galle vermittelten Verdünnung der Darmcontenta ableiten kann, wenn man nicht mit Eberle eine Vermehrung der Darmsekretion durch die Galle oder mit Tiedemann und Gmelin einen Einfluss derselben auf die Contraktilität des Darmes annehmen will — war bei allen vorhanden." Endlich

heisst es bei Besprechung des Icterus ex polycholia S. 483: „wir haben bereits bei der Diarrhöe gelegentlich der galligen Stühle darauf aufmerksam gemacht, dass der Gallegehalt der Stühle Folge und nicht Ursache der Diarrhöe sei." Im Gegensatz dazu spricht sich Niemeyer-Seitz (Ausgabe von 1874, S. 666) bei Besprechung der Ursachen der Verstopfung dahin aus, „dass bei Icterus wohl der Mangel der Galle im Darme, d. i. das Fehlen eines die Peristaltik bethätigenden Faktors, als Ursache der Stuhlträgheit betrachtet werden darf."

Der zweite Punkt ist dieser: Wenn, wie man gewöhnlich annimmt, die bei Resorptions-Icterus bei Menschen manchmal auftretende Verminderung der Pulsfrequenz eine unmittelbare Wirkung der im Blute kreisenden Gallensäuren ist, so ist es auffallend, dass in diesen Fällen, meines Wissens wenigstens, Erbrechen und Diarrhöen nicht beobachtet wurden, während doch zufolge meiner bei Hunden erlangten Resultate das Eintreffen dieser beiden Erscheinungen noch vor der Abnahme der Pulsfrequenz zu erwarten wäre. Da man nach dem jetzigen Stande des Wissens daran festhalten muss, die Pulsverlangsamung bei Icterus als direkte Wirkung der Gallensäuren aufzufassen, so scheint das Ausbleiben der erwähnten Erscheinungen bei Ikterischen auf eine verschiedene Erregbarkeit der peristaltischen und der Brechcentren bei Hunden und Menschen hinzudeuten.

Dass schliesslich das Eingangs erwähnte Thema auf die angegebene Weise wahrscheinlich nicht durchführbar ist, ergibt sich aus Vorstehendem. Der Versuch wird sich darauf beschränken müssen, mit sehr kleinen, in kurzen Zwischenräumen wiederholten Gaben des schwach wirkenden glycocholsauren Natrons, deren Summe die Norm nicht übersteigt, wenigstens den unter normalen Verhältnissen resorbirten Gallensäurenantheil auf die angedeutete Weise zu bestimmen.

Herr Professor v. Buhl, Direktor des hiesigen pathologischen Institutes, stellte mir zu den vorliegenden Untersuchungen das gesammte Material des Institutes in liberalster Weise zur Verfügung; Herr Dr. Tappeiner, Assistent am genannten Institut stand mir bei meiner Arbeit mit Rath und That zur Seite; — ich fühle mich verpflichtet, beiden Herren an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Untersuchungen über den Blutfarbstoff und seine Derivate.

Von

Axel Jäderholm,

Professor in Stockholm.

(Mit Tafel I und II.)

Durch Behandeln von Blut mit concentrirter Natronlauge erhält man, wie ich früher gezeigt habe[1]), nach einiger Zeit eine schön rothe Lösung von reducirtem Hämatin, welche, wenn man sie längere Zeit vor Luftzutritt geschützt stehen lässt, gallertig und dickflüssig wird und schliesslich zu einem gelatinösen, in Wasser schwer löslichen Coagulum von unveränderter Farbe gesteht, über welchem sich eine geringe Menge blass strohgelber, klarer Flüssigkeit sammelt. Aus der fraglichen, rothen concentrirten Lösung von reducirtem Hämatin kann aller Farbstoff mit grösster Leichtigkeit mittelst Essigsäure gefällt werden; das Hämatin scheidet sich dabei vollständig, aber natürlicherweise im Gemenge mit dem Eiweisskörper ab, welchen die Säure aus Natronalbuminat niederschlägt. Wird verdünnte Essigsäure allmälig zugesetzt, so fallen, solange das nun rasch dünnflüssig werdende Liquidum alkalisch reagirt, schön rothe Flocken aus, aber sobald die Lösung sauer wird, nimmt das Präcipitat eine schnupftabaksbraune Farbe an. Man kann diese Fällung abfiltriren und auf dem Filtrum mit destillirtem Wasser zusammenspülen und auswaschen, alles mit grösster Leichtigkeit; das Auswaschen kann, nachdem das Filtrat sauer zu reagiren aufgehört hat, beliebig lange fortgesetzt werden. Der Niederschlag ist

1) A. Jäderholm, die gerichtlich-medicinische Diagnose der Kohlenoxydvergiftung. Experimentelle Studien. Berlin 1876. p. 54.

in destillirtem Wasser vollständig unlöslich. Das Filtrat, welches eine bedeutende Menge von Eiweiss und Blutsalzen enthält, hat dieselbe strohgelbe Farbe wie das Blutserum und ist, wenn man auf die erwähnte Weise unter Vermeidung allzugrossen Säureüberschusses und Erhitzens beim Ansäuren zu Werke geht, frei von Eisen; weder Ferro- noch Ferricyankalium bewirkt in dem mit Salzsäure angesäuertem Filtrate einen Niederschlag von Berlinerblau und selbst nach mehreren Tagen ist keine Spur jener Färbung zu bemerken, welche die Eisenreaktion hervorbringt. Alles Hämatin ist somit ausgefällt, ohne eine Zersetzung, bei welcher in der Flüssigkeit Eisen gelöst wird, erlitten zu haben. Mit andern Säuren dürfte die Ausfällung gleich gut gelingen und ich habe auch verdünnte Schwefelsäure und Oxalsäure angewandt, aber ich fand die Präcipitation mit Essigsäure so bequem und vollständig, dass ich von andern Säuren nicht viel Gebrauch gemacht habe.

Der Niederschlag wird nun mit destillirtem Wasser ausgewaschen, bis das Filtrat nicht sauer reagirt und bei Zusatz einer Lösung von Quecksilberchlorid vollkommen klar bleibt und keine Opalisirung zeigt. Der Niederschlag löst sich leicht in ammoniakalischem Wasser und die Lösung zeigt alle Eigenschaften des Oxyhämatinalkali. Das Hämatin kann natürlicherweise mittelst Essigsäure von Neuem präcipitirt werden und durch wiederholtes Lösen und Fällen wird dasselbe von einem Theil der begleitenden Eiweisskörper, wovon immer etwas in Lösung bleibt, so dass das Filtrat Niederschlag oder Trübung mit Quecksilberchlorid gibt, befreit, aber bei solchen wiederholten Präcipitationen habe ich gewöhnlich eine, wenn auch geringe Zersetzung des Hämatins wahrgenommen, so dass im Filtrate Spuren von Eisen mit Blutlaugensalz nachweisbar waren, im Allgemeinen jedoch so unbedeutend, dass nur eine Färbung eintritt und erst bis zum folgenden Tage ein Niederschlag von Berlinerblau sich zeigt.

Das auf diese besonders einfache und bequeme Weise dargestellte Oxyhämatin ist allerdings eiweisshaltig, eignet sich jedoch vollständig zur Untersuchung der Lichtabsorption und auch wohl der allermeisten chemischen Eigenschaften des Hämatin, zur Darstellung von Krystallen u. s. w.; es enthält jedoch Chlor in einer

in Wasser unlöslichen Verbindung; denn wenn, wie bemerkt, der Niederschlag ausgewaschen wird, bis das Filtrat keine Spur von Chlorverbindungen zeigt, so habe ich doch nach Schmelzen des Hämatin mit chlorfreiem Salpeter und Soda eine starke Fällung mit Silbernitrat in der mit Salpetersäure angesäuerten Lösung erhalten. Es ist diese Art Hämatin, welche ich zu den folgenden Versuchen angewendet habe. Auf dem Filtrum getrocknet, bildet es schwarze Stücke mit einem Stich ins Violette, die Bruchfläche ist stark glänzend, an Harz erinnernd; auf Papier hinterlässt es einen braunen Strich, das Pulver ist braun. Die wässerige ammoniakalische Lösung zeigt, wie bemerkt, sämmtliche Eigenschaften des Oxyhämatinalkali, somit das auf Tafel I in Fig. 3 abgebildete Spectrum. In ammoniakalischem Weingeist gelöst, zeigt die Oxyhämatinlösung ein etwas verschiedenes Absorptionsspectrum, welches ich in Fig. 4 gezeichnet habe; das Grün wird hier klarer als von wässeriger Lösung durchgelassen.

Hämatin löst sich bekanntlich reichlich in schwefelsäurehaltigem Alkohol zu einer bräunlichen, sehr wenig dichromatischen, nach der Stärke der Absorption gelbbraunen bis braunrothen bis granatrothen Flüssigkeit [1]), welche vor dem Spectroskop vier Absorptionsstreifen gibt, das Absorptionsspectrum des „sauren Hämatin" oder, wie es Preyer aus den unten angegebenen Gründen nennt, des „Hämatoïn". Von diesen Streifen zeigt sich bei einer gewissen Concentration hauptsächlich oder ausschliesslich derjenige, welcher in dem am wenigsten gebrochenen Theile des Spectrum in der Nähe der Frauenhofer'schen Linie C liegt, weshalb man oft nur diesen beobachtet, den man auch „Säurestreifen" oder „Häminstreifen" benannt findet. Dieses 4streifige Spectrum ist von Hoppe-Seyler in seinen med.-chem. Unters. IV, p. 527 und in seinem Handbuche der physiol. und pathol. chem. Analyse, 4. Aufl., p. 201 völlig richtig beschrieben worden. Es mag mir jedoch gestattet sein, in umgekehrter Ordnung, wie sie Hoppe-Seyler in dem letztgenannten Werke innehält, das Spectrum bei wachsender Stärke

1) Die Angabe von Hoppe-Seyler, dass dieselbe bei jeder Mächtigkeit der absorbirenden Schicht braun sei, ist also nicht ganz richtig.

der Absorption nach den mit meinem Spectroskop gemachten Beobachtungen zu schildern, um es sodann mit dem spectralen Verhalten anderer saurer Hämatinlösungen zu vergleichen.

Es treten auf einmal 4 Absorptionsstreifen auf, welche ich in der Ordnung von dem rothen Theile des Spectrums zum blauen mit I, II, III und IV bezeichne[1]). Von diesen erscheinen I und IV am deutlichsten, während II, Preyer's α, ein fast verschwindender Schatten ist. Ihre Lage im Spectrum[2]) ist folgende: (vgl. Tafel I, Fig. 8):

---

1) Ich benutze somit hier für Hämatin in saurer Lösung eine andere Nomenclatur als die gewöhnliche für Absorptionsstreifen mit den Buchstaben des griechischen Alphabets. Es scheint mir ziemlich gleichgültig, wie man diese Streifen bezeichnet, wenn nur Verwirrung vermieden wird; am passendsten wäre es allerdings, auch die Streifen des sauren Hämatin mit griechischen Buchstaben zu bezeichnen, wenn man nicht gerade hier auf dem Wege wäre, zu grosser Confusion zu gelangen. Preyer z. B. bezeichnet die Streifen I—IV mit γ, α, β, δ; Kühne (Physiol. Chemie) meint dagegen mit Hämatin-α den Streifen I der sauren Hämatinlösung oder Preyer's γ, mit Hämatin-β den Streifen der alkalischen Hämatinlösung im Orange und mit Hämatin-γ und δ die beiden Streifen des reducirten Hämatins (für welche Preyer schon früher die auch von mir benutzte Bezeichnung Htn-α und β angab). Man sieht, die Confusion ist hier auf dem besten Wege. Man unterscheidet nun gewiss leicht zwischen z. B. den Oxyhämoglobinstreifen und den Streifen des reducirten Hämatin, wenn man beide mit α und β bezeichnet, durch die Zeichen OHb-α und β, Htn-α und -β; aber so durch Zusatz des Namens der chemischen Verbindung den Streifen zu bezeichnen, hat für das Hämatin seine Unbequemlichkeit, weil man in solchem Falle auch die Beschaffenheit der Lösung, ob sauer oder alkalisch, angeben müsste. Mit der Bezeichnung I, II, III und IV wird die Verwirrung in keiner Weise gesteigert und ich wende sie deshalb bis auf Weiteres an, umsomehr, als sie leicht in jede andere Art der Bezeichnung, über welche man übereinkommt, sich übertragen lässt.

2) Ueber die von mir benutzte Art und Weise der Messung und das von mir gebrauchte Instrument, habe ich das Nöthige in meiner Schrift über Kohlenoxydvergiftung p. 14 angegeben. Zur Ermittelung der Lage der Streifen bediente ich mich eines Spectroskops Wrede'scher Construktion, in welchem die Messung mittelst Haarkreuz und Mikrometerschraube geschieht und wo somit jede Messung vollkommen von dem Resultate der vorhergehenden unabhängig ist. Das Instrument ist durch schwache Dispersion und feine Messung ausgezeichnet und dadurch in hohem Grade zur Ermittelung der Lage der Absorptionsstreifen geeignet. Das Haarkreuz wurde so genau wie möglich auf die Mitte des bezüglichen Streifen oder auch der Controlle wegen auf die Ränder desselben eingestellt. Die kleinen Differenzen zwischen verschiedenen Messungen desselben

I = 17.58—17.09, zwischen C und D.
II = ca. 16.00, nicht messbar } zwischen D und E.
III = 14.85—13.90 }
IV = 13.05—11.45, zwischen b und F.

Der Zwischenraum zwischen III und IV ist stark beschattet; Blau tritt ziemlich gut durch und das Spectrum ist sichtbar bis 7.25, d. h. bis ungefähr zur Frauenhofer'schen Linie G.

Vergrössert man die absorbirende Schicht, so dass bei gleicher Lichtstärke das Spectrum nur bis 9.20, d. h. etwas mehr als halbwegs zwischen F und G sichtbar ist, so nimmt auch die diffuse Absorption des sichtbaren Blau bedeutend zu, doch bleibt auch jetzt Streifen IV ziemlich gut sichtbar:

Streifen, welche bei einem so feinen Messungsapparate unvermeidlich sind, werden dadurch compensirt, dass man die Mittelzahl aus mehreren Messungen nimmt, welche letzteren übrigens, wenn sie gut ausgeführt sind und das Auge nicht zu sehr angestrengt war, nur unbedeutend variiren dürfen. Von den Frauenhofer'schen Hauptlinien haben die für die Untersuchung des Blutfarbstoffs wichtigsten folgende Lage in dem von mir benutzten Wrede'schen Spectroskop (vgl. Tafel I):

C = 18.04
D = 16.28
E = 13.90
b = 13.47
F = 11.70.

Der Abstand zwischen D und E ist somit durch die Mikrometerschraube in 238 Theile getheilt. — In Bezug auf frühere Messungen führe ich noch an, dass ich mit dem betreffenden Instrumente auf die angegebene Weise die Mitte von Oxyhämoglobin-α auf 15.91, von -β auf 14.46 bestimmte; in mit Kohlenoxyd gesättigter Blut- oder Hämoglobinlösung $\alpha = 15.72$, $\beta = 14.27$. Die Lage der Streifen im Normalspectrum finde ich durch graphische Interpolation auf einer Curve, deren Abscissen die Wellenlängen einer Menge Frauenhofer'scher Linien repräsentiren, während die Ordinaten die Lage derselben Linien in dem angewandten Spectroskope darstellen. Dieses Verfahren ist ausserordentlich einfach, um approximativ richtig die Wellenlänge für einen bestimmten Punkt in dem prismatischen Spectrum zu bestimmen. Für Oxyhämoglobin-α bestimmte ich auf diese Weise die Lage im Normalspectrum = 578 (Millionstel mm. in Wellenlänge), für Oxyhämoglobin-β = $539^1/_2$; für Kohlenoxydhämoglobin-α = 572; für Kohlenoxyd-β = 535. Bei Berechnung der Wellenlänge für die Mitte der fraglichen Absorptionsstreifen unter Benutzung der von Vierordt: Die quantitative Spectralanalyse, p. 104, gegebenen Tabelle werden übereinstimmende Zahlen erhalten.

I = 17.69 — 17.07.
II = 16.20 — 15.75, sehr schwacher Schatten.
III = 14.90 — 13.88 (diese Grenze ist jedoch schwer zu bestimmen, da der Zwischenraum III—IV trüb ist).
IV = 13.27 — 11.45.

Vergrössert man die absorbirende Schicht noch mehr, so wird Blau so stark absorbirt, dass die stärker gebrochene Grenze von IV unmöglich unterschieden werden kann, und der Zwischenraum III bis IV wird so trüb, dass auch die stärker gebrochene Grenze von III nicht gemessen werden kann:

I = 17.75 — 16.98.
II = 16.27 — 15.68, leichter Schatten.

Wird die Absorption noch weiter vergrössert, so wird von der weniger gebrochenen Grenze von III = 14.95 alles Licht bis zum violetten Ende absorbirt; der grüne Streifen, welcher noch sichtbar ist, ist weniger klar als vorher; Gelb erscheint im Allgemeinen sehr verschleiert:

I = 17.84 — 16.88.
II = 16.35 — 15.68.

Bei fernerer Vergrösserung wird die diffuse Absorption zwischen I und III so bedeutend, dass alles Licht dazwischen sehr verschleiert ist und ein besonderer Streifen II nicht wahrgenommen werden kann. Es findet sich somit im Spectrum nur ein ziemlich starker Streifen:

I = 17.90 — 16.75.

In der Mitte ist dieser Streifen schwarz, seine Ränder jedoch, namentlich der stärker gebrochene Rand heller. Das Haarkreuz wurde auf die Mitte dieses Streifens eingestellt und die Mittelzahl von 10 Messungen war 17.33, was für die Mitte von Streifen I („Säurestreifen") im Normalspectrum eine Wellenlänge von 626 Millionstel mm. beträgt.

Was die Löslichkeit des Hämatin in sauren Flüssigkeiten im Allgemeinen anlangt, so ist dieselbe bei dem frisch ausgefällten und ausgewaschenen noch feuchten Hämatin bedeutend grösser als bei dem trockenen. Letzteres löst sich bekanntlich durchaus nicht in ver-

dünnten oder concentrirten Mineralsäuren, nur unter Zersetzung in concentrirter Salpetersäure oder in concentrirter Schwefelsäure. Auch kann ich nicht wahrnehmen, dass in kalter concentrirter Salzsäure sich etwas auflöst, wie dies in den Handbüchern angegeben ist. Abgesehen von concentrirter Essigsäure, in welcher Hämatin sich ziemlich leicht löst, erhielt ich durchaus keine Lösung mit den von mir geprüften Pflanzensäuren: Oxalsäure, welche nur einen ganz unbedeutenden Stich ins Gelbe annahm, Weinsäure, Citronensäure und Aepfelsäure. Schüttelte ich aber frisch ausgefälltes Hämatin mit diesen Säuren, so erhielt ich äusserst fein aufgeschlämmte Hämatinflocken, so dass das Ganze einer trüben Lösung gleich sah, und spectroskopisch zeigte sich stets unzweideutig das Spectrum des sauren Hämatin mit seinen 4 Streifen, von denen II — IV natürlicherweise sehr undeutlich waren, obschon ihre Existenz constatirt werden konnte. Streifen I im Orange war zwar verwaschen, aber seine Lage konnte ganz deutlich bestimmt werden. Ganz dasselbe Verhalten fand statt bei dem mittelst Säuren (Essigsäure, Schwefelsäure oder Oxalsäure) frisch ausgefällten, mit destillirtem Wasser verrührten oder in dünnen Schichten zwischen 2 Glasplatten ausgepressten Hämatin. Ich erhielt nach Fällung mit Essigsäure die Mitte des Streifen I = 17.72, mit Oxalsäure 17.65, mit Schwefelsäure 17.74. Bei Bestimmung der Lage des Streifen I im Roth erhielt ich aus diesen aufgeschlämmten Hämatinflocken ziemlich wechselnde Zahlen:

In concentrirter Salzsäure	Mitte von	I =	18.06
„ verdünnter Schwefelsäure	„ „	I =	17.95
„ concentrirter Oxalsäure	„ „	I =	17.87
„ concentrirter Weinsäure	„ „	I =	17.87
„ concentrirter Citronensäure . . .	„ „	I =	17.77
„ concentrirter Borsäure	„ „	I =	17.73
(„ destillirtem Wasser	„ „	I =	17.61).

Gewiss ist es schwer, in dem Absorptionsspectrum opalisirender Mischungen, wo viel Licht auch im Roth absorbirt wird, die Lage des Streifen genau zu messen; aber die gefundenen Unterschiede sind zu bedeutend, um nur auf Messungsfehler bezogen werden zu können, um so mehr als eine jede der gegebenen Zahlen

die Mittelzahl aus 10 unter einander wenig verschiedenen Messungen darstellt. Allgemein bekannt aus der Häminprobe ist die Löslichkeit des Hämatin in concentrirter Essigsäure, selbst ohne Erwärmen. In einer solchen klaren Lösung wurde die Lage von Streifen I auf 17.62 bestimmt, entsprechend einer Wellenlänge von ungefähr 638 im Normalspectrum, somit dieselbe Lage wie nach dem Aufschlämmen von frisch gefälltem Hämatin in destillirtem Wasser. Es ist eine bekannte Thatsache, dass Hämatin sich in säurehaltigem Alkohol oder Aether löst; beide Arten der Lösung zeigen die 4 Streifen sehr deutlich, ungewöhnlich deutlich kann man in der ätherischen Lösung den Streifen IV sehen, der sich bis zur Frauenhofer'schen Linie F erstreckt. Einen constanten Unterschied jedoch, welcher meines Wissens bisher nicht angegeben wurde, fand ich darin, dass Streifen I in der alkoholischen Lösung weiter von C entfernt und näher bei D liegt, als in der ätherischen. In spirituöser Solution mit Oxalsäure, Essigsäure, Weinsäure, Citronensäure, Aepfelsäure und Borsäure erhielt ich stets dieselbe Lage von Streifen I wie in den oben erwähnten Lösungen in schwefelsäurehaltigem Weingeist, d. h. ungefähr 17.33. Die Mittelzahlen weichen hievon in den meisten Fällen nicht oder doch nur so unbedeutend (bis höchstens 17.37) ab, dass die Differenz in dem Gebiete der unvermeidlichen Messungsfehler liegen kann; das Auge ist nicht immer empfindlich genug, um eine so minimale Verschiebung des Haarkreuzes mit Sicherheit aufzufassen, welche 2—4 Hundertstel der Höhe des Schraubenganges repräsentirt. In ätherischen Lösungen erhielt ich folgende Mittelzahlen:

Aether	+ Schwefelsäure	= 17.62
„	+ Salzsäure	= 17.62
„	+ Borsäure	= 17.65
„	+ Oxalsäure	= 17.64
„	+ Weinsäure	= 17.67
„	+ Citronensäure	= 17.61
„	+ Aepfelsäure	= 17.64
„	+ Essigsäure	= 17.56
„	+ Ameisensäure	= 17.62
„	+ Bernsteinsäure	= 17.60

somit fast dieselben Zahlen, ausgenommen für die Lösung in Aether und Essigsäure. Der Unterschied zwischen der Lage des Streifen in alkoholischer und ätherischer Lösung bei derselben Säure beträgt ungefähr 12 Millionstel mm. Wellenlänge im Normalspectrum. Eine Ausnahme von den übrigen alkoholischen Lösungen machte die Solution in Alkohol mit Salzsäure; hier erhielt ich, der Menge und Concentration der Säure entsprechend, variirende Lage von 17.60 — 17.96, somit bedeutend weiter in Roth als bei den übrigen alkoholischen Lösungen, bis zu einer Wellenlänge von 652½ für die Mitte des Streifen, höher sogar als bei ätherischen Lösungen mit derselben Säure. Ich erinnere hier an die Angabe von Sorby[1]), dass bei Zersetzung von Blutlösungen mit Säuren „der Säurestreifen" I, je nach der Acidität der Lösung weiter nach dem rothen Ende verschoben wird. Es findet sich somit ein bestimmter Unterschied zwischen der alkoholischen und ätherischen Lösung derselben Säure, Salzsäure ausgenommen, eine Verschiebung des Streifen I der alkoholischen Lösung näher nach D. Um für die andern Streifen sicher zu bestimmen, ob eine solche Verschiebung stattfindet, hat seine grosse Schwierigkeit, da diese Streifen sich so unbedeutend von der Umgebung abgrenzen und in jeder stärkeren Lösung verschmelzen und in allgemeiner Absorption des stärker gebrochenen Theiles des Spectrum verschwinden. Nichtsdestoweniger ist die Untersuchung ausführbar. Verglich ich die Lage von Streifen III in alkoholischer und ätherischer Lösung, so zeigte sich auch für diesen Streifen eine ganz unzweifelhafte Verschiedenheit der Lage; wurde das Haarkreuz genau auf die Mitte von Streifen III der ätherischen Lösung eingestellt, so fiel es in der alkoholischen Lösung mehr in die Nähe des Randes des nämlichen Streifen, und umgekehrt. Bei Anwendung von Schwefelsäure oder Essigsäure betrug die Lagedifferenz von Streifen III ungefähr 21 Hundertstel Mikrometergang, was einen Unterschied in Wellenlänge von 5 Millionstel mm. gibt. Wie für Streifen III ist mir auch eine Verschiebung für Streifen II und IV wahrscheinlich, obschon diese sich einer genaueren Messung entziehen.

1) On some compounds derived from the colouring matter of blood. Quarterly Journ. of microscop. Science. Oct. 1870. p. 400.

Das ist somit das Absorptionsspectrum des Hämatin in saurer Lösung. Preyer hat jedoch die Behauptung aufgestellt, dieses Spectrum komme einem aus Hämatin durch Fortnahme von Eisen und Aufnahme von Wasser gebildeten Zersetzungsprodukte, einem eisenfreien Farbstoffe, welchen er Hämatoïn nennt, zu. Hämatin kann nach Preyer sich nie in saurer Lösung halten, das Eisen wird frei und findet sich in der Flüssigkeit als Ferrosulfat, um, wenn die Flüssigkeit alkalisch gemacht wird, sich wieder mit dem Farbstoffe zu Hämatin zu verbinden. Hienach müsste, wenn das in Lösung befindliche Eisensalz entfernt wird, mit Alkali Hämatin nicht wiedergewonnen werden. Dies ist vollkommen unrichtig, wie folgende Versuche zur Genüge beweisen:

Hämatin wird in oxalsäurehaltigem Aether gelöst, die klare Aetherschicht mit einer Pipette fortgenommen und mit destillirtem Wasser geschüttelt, wobei der grösste Theil des Farbstoffes als grünbraun-rothe Flocken, welche eine Schicht zwischen der wässrigen und ätherischen Lösung bilden, gefällt wird. Die klare, stark saure, wässrige Lösung wird mittelst einer Pipette aufgenommen und zu der einen Hälfte Ferricyankalium, zu der andern Ferrocyankalium in Lösung hinzugesetzt; in keiner von beiden entsteht eine Spur von blauer Färbung oder blauem Niederschlag, doch finden sich nach einigen Tagen in der Probe mit Ferricyankalium einige minimale Flocken von Berlinerblau. Somit enthält die saure wässrige Lösung höchstens Spuren von Eisen. Hierauf wird mit verdünnter Ammoniakflüssigkeit geschüttelt, wodurch der ganze Farbstoff von der unteren Schicht in grünbraun-rothe Lösung aufgenommen wird, welche alle Eigenschaften des Oxyhämatin, insbesondere dessen Streifen im Orange zeigt; abpipettirt und mit einigen Tropfen Schwefelammonium versetzt, zeigt die Lösung sofort die schön rothe Farbe und die Spectralerscheinungen des reducirten Hämatin.

In einem andern Versuche wurde zuerst die mit Oxalsäure bereitete saure Lösung untersucht, von welcher die gefärbte Aetherschicht abgehoben war; mit Salzsäure und Ferro- oder Ferricyankalium trat keine Eisenreaktion ein. Wurde nun die saure Aetherschicht mit destillirtem Wasser geschüttelt, so fiel, wie oben, der grösste Theil des Farbstoffes als brauner, äusserst feiner, luftblasen-

einschliessender Niederschlag zwischen der ätherischen und wässeriger Lösung aus; die Wasserschicht gab für sich genommen mit Salzsäure und Ferro- oder Ferricyankalium keine Eisenreaktion; die Aetherschicht und der Niederschlag wurden weiter mit destillirtem Wasser ausgewaschen und das saure Waschwasser eisenfrei befunden; darauf wurde mit ammoniakalischem Wasser geschüttelt und die untere Schicht in eine Oxyhämatinlösung verwandelt, welche, für sich genommen und mit Schwefelammonium versetzt, roth wurde, und in ausgeprägter Weise das Spectralbild des reducirten Hämatin gab.

Ebenso verhielt sich Essigsäure. Eine von Essigsäure saure Hämatinlösung wurde mit Aether geschüttelt, welcher den grössten Theil des Farbstoffes aufnahm. Der filtrirte Rückstand gab mit Salzsäure und gelbem oder rothem Blutlaugensalz keine Eisenreaktion. Die saure Aetherschicht wurde hierauf mit destillirtem Wasser geschüttelt, wobei nur ein kleiner Theil des Farbstoffes in äusserst feinen Flocken ausfiel, während beim weiteren Auswaschen mehr Farbstoff gefällt wurde; die Wasserschicht gab mit Salzsäure und Ferro- oder Ferricyankalium keine Spur von blauer Färbung oder Fällung; in dem Niederschlage wurde Hämatin auf dieselbe Weise wie in den vorgehenden Versuchen nachgewiesen.

Die Sache scheint sich mir so zu verhalten, dass in saurer Lösung sich oft ein Theil des Farbstoffes zersetzt, so dass mehr oder minder starke Spuren von Eisensalz in der Flüssigkeit nachweisbar sind, ein Theil des in der Mischung enthaltenen Farbstoffes somit eisenfrei ist, obschon in zu geringer Menge, um sich spectroskopisch geltend zu machen. Preyer's Angabe, dass aus der sauren ätherischen Lösung Ferrosulfat mit Wasser ausgewaschen werden und dass der dabei ausgefällte Farbstoff eisenfrei sein sollte, was Preyer übrigens niemals fand[1]), und nicht weiter Hämatin bei Zusatz von Alkali gebe, ist, wie die angeführten Versuche zeigen, unrichtig.

Es ergibt sich somit, dass in der sauren Lösung wohl ein geringer Theil des Eisens abgeschieden werden kann; aber dass dies

---

1) Blutkrystalle. p. 182.

keineswegs nothwendig ist, und jedenfalls kann eine solche partielle Zersetzung des Hämatin, auch wenn sie statt hat, keineswegs Preyer's Theorie beweisen. Aus der sauren Aetherschicht können ausserdem Krystalle, welche eisenhaltig sind, dargestellt werden. Ich komme unten auf dieselben zurück. Bekanntlich zersetzt sich Hämatin bei Auflösung in concentrirter Schwefelsäure und es entsteht ein Farbstoff, welcher ein ganz anderes Spectrum gibt. Hämatin löst sich ziemlich leicht in concentrirter Schwefelsäure ohne Erwärmen und es ist dazu, wie mir scheint, keineswegs nöthig, gemäss der Angabe von Hoppe-Seyler[1]) durch Verreiben in einer Schale den Sauerstoff der Luft in nähere Berührung mit der Mischung zu bringen. Die Lösung ist im hohen Grade dichromatisch; bei wachsendem Gehalt an Farbstoff geht die Farbe vom Hellgelb mit einem Strich ins Grüne in Grün und darauf durch Grünbraun bis Rothbraun in Dunkelgranatroth über. Diese Lösung gibt ein schönes Absorptionsspectrum, welches von Hoppe-Seyler (a. a. O. p. 530) beschrieben und von Preyer (Blutkrystalle Tafel II, Fig. 7) abgebildet wird. Da beide Schilderungen jedoch nicht übereinstimmen, muss ich dieses Spectrum kurz berühren. Bei wachsender Absorption sieht man 2 Streifen auftreten, den einen schwächeren und schmäleren zwischen C und D, nahe an D, und den andern so ziemlich mitten zwischen D und E; genauer ausgedrückt liegen sie so, dass die Mitte des ersten Streifen auf 16.70 in meinem Spectroskop (vgl. Tafel I, Fig. 9), die des zweiten auf 15.13 fällt), wonach sie im Normalspectrum ungefähr, der erste 603 (Millionstel mm.), der zweite 555 einnehmen; aber ausser diesen beiden Streifen erscheint immer ein Schatten unweit der Stelle der D-Linie und rechts von dieser, welcher Schatten bei wachsender Absorption zuerst sich als eine schwache Andeutung zu einem schmalen Absorptionsstreifen zeigt, aber rasch verschmilzt mit dem starken Streifen in der Mitte zwischen D und E, so dass vom linken Rande dieses Streifens ein gleichmässiger feiner Schatten sich bis zur unmittelbarsten Nähe der D-Linie erstreckt, wo er mit ziemlich scharfer Grenze abschliesst. Bei weiter erhöhter Absorption ver-

1) Med.-chem. Untersuchungen. p. 532.

schmelzen zuerst der letzterwähnte Schatten und der Streifen und darauf verschwindet der Zwischenraum, welcher noch bis zu dem im Orange liegenden Streifen sich fand, worauf Licht nur am rothen Ende des Spectrums bis etwas mehr als halbwegs zwischen C und D, ungefähr bis 17.70 durchfällt. Vergleicht man Hoppe-Seyler's Beschreibung über die Lage des starken Streifen zwischen D und E mit der von mir gemachten Messung, so stimmen die Angaben ziemlich wohl überein[1]; nach Hoppe-Seyler liegt er zwischen $^{11}/_{26}$ und $^{19}/_{26}$ des Abstandes D bis E, d. h. $^{42}/_{100}$—$^{73}/_{100}$, nach meiner Messung $^{32}/_{100}$—$^{69}/_{100}$. Hoppe-Seyler hat somit die Lage etwas weiter nach E zu angegeben.

Hoppe-Seyler nennt bekanntlich den Farbstoff, welchen dieses Spectrum gibt, Hämatoporphyrin, und dieses ist nach den Autoren (Mulder, Hoppe-Seyler, Preyer) eisenfrei. Preyer's Zusammenstellung seines sogenannten Hämatoïn mit diesem in concentrirter Schwefelsäure entstandenen Farbstoff ist wohl vollkommen unberechtigt. Wenn Preyer bei Verdunsten einer Lösung von Hämatin in schwefelsäurehaltigem Alkohol im Wasserbade zur Syrupsconsistenz einen Körper bekam, welcher das in Frage stehende Spectrum gab, so musste ja der letztere bei der Concentrirung der Schwefelsäure entstehen, und liegt somit durchaus kein Beweis für die Identität der Lösung in schwefelsäurehaltigem Alkohol und in concentrirter Schwefelsäure vor.

Ich gehe nun zu dem Spectrum des sauren Hämatin mit seinen 4 Absorptionsstreifen über. Man bekommt bekanntlich ein solches Spectrum, wenn man zu Blutlösungen oder Hämoglobinlösungen Säuren oder Metallsalze, nach Hoppe-Seyler[2]) alle diejenigen Salze, besonders von Schwermetallen, welche unter Bildung basischer Verbindungen leicht Säure abgeben und lösliche Eiweisskörper coaguliren, hinzusetzt.

Löst man Hämoglobinkrystalle in schwefelsäurehaltigem oder oxalsäurehaltigem Alkohol, so bekommt man die nämlichen Erscheinungen, wie bei Lösung von Hämatin in diesen Flüssigkeiten; in

---

1) Med.-chem. Unters. IV. p. 530.
2) Handbuch der physiolog. und patholog. Analyse. 4. Aufl. p. 255.

mehr bläuliche Purpurfärbung und giebt die Absorptionsstreifen des Hämatoporphyrin." Vergleicht man nun die Lage der Absorptionsstreifen dieses Hämatoporphyrin mit dem Streifen α des reducirten Hämatin in alkalischer Lösung, so findet man auch, wie Hoppe-Seyler erklären könnte, dass sich ein und derselbe Streifen in der sauren und alkalischen alkoholischen Lösung wie in der alkalischen wässerigen Lösung bei Abwesenheit von Sauerstoff finde. Das Spectrum, welches Hoppe-Seyler fand, ist somit nach meiner Ansicht das des sauren Hämatin + Hämatoporphyrin, welches letztere während des Erwärmens entsteht, und aus diesem Mischungsspectrum können alle seine Angaben über die Eigenschaften des Hämochromogen in saurer Lösung vollständig begriffen werden. Hoppe-Seyler muss übrigens besonders leicht eine solche Zersetzung des Farbstoffes in der sauren alkoholischen Lösung erhalten haben; wenigstens deutet darauf seine Bemerkung in der 4. Auflage seines Handbuches der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse, wonach mitunter verdünnte Säuren in alkoholischer Lösung auch bei gewöhnlicher Temperatur sehr rasch das Eisen fortnehmen und sich das luftbeständige Hämatoporphyrin bildet. Mir ist es nicht so ergangen; nahm ich eine fast einen Monat alte Lösung von Hämatin in schwefelsäurehaltigem Weingeist, welche nach Hoppe-Seyler's Methode für die Darstellung des sauren Hämochromogen bereitet war, und filtrirte den weissen Niederschlag ab, so gab das Filtrat die gewöhnlichen 4 Streifen und mit Ammoniak wurde eine gewöhnliche Lösung von Oxyhämatinammoniak erhalten, welche nach Zusatz von einigen Tropfen Schwefelammonium die schönrothe Farbe und die charakteristischen Spectralstreifen des reducirten Hämatin gab. Es war somit eine Zersetzung des Hämatin nicht eingetreten.

Bestimmt man das 4streifige Absorptionsspectrum, welches die von Säuren veränderten Blut- oder Hämoglobinlösungen geben, genauer, so findet man zunächst für Streifen I denselben Wechsel der Lage, welchen ich eben für die in Säuren aufgeschlemmten Hämatinflocken angegeben habe. Stelle ich z. B. Preyer's Angaben über die Einwirkung derjenigen Säuren, für welche er die Lage des in Rede stehenden Absorptionsstreifen in Scalatheilen

seines Spectroskop feststellte, auf Blut- und Hämoglobinlösungen zusammen, so bekommen wir folgende Reihe:

Salzsäure	41—51
Salpetersäure	44—51
Schwefelsäure	45—50
Phosphorsäure	45—50
Schweflige Säure	45—50
Phosphorige Säure	43—51
Borsäure	44—49
Oxalsäure	45—51
Oxalsäure, grössere Menge	43—49
Essigsäure	50—51
Essigsäure bei Zunahme von Säuremenge intermediäre Lagen	42½—50
Ameisensäure	41—50
Buttersäure	43—50
Baldriansäure	44—49
Kohlensäure	45—50
Bernsteinsäure	45—50
Carbolsäure	46—52
Gallussäure	44—51
(Hiezu kommt das bei spontaner Zersetzung des Hämoglobin entstandene sogenannte Methämoglobin	47—52½).

Sorby [1]) behauptet, dass die Lage dieses Streifen nach der Säuremenge variire, so dass er weiter nach dem rothen Ende zu erscheine, je stärker die angewandte Säure ist. Dies ist somit analog mit demjenigen, was beim Oxyhämatin in alkalischen Lösungen von verschiedenem Alkaligehalt statthat, wie ich in meiner früheren Schrift nachgewiesen habe. Diese Angabe Sorby's ist unzweifelhaft richtig; theils wirkt die Art der Säure ein, theils hat für dieselbe Säure der in Rede stehende Streifen verschiedene Lage nach der Menge der freien Säure. Ich habe so bei einer Reihe von Messungen wechselnde Zahlen bekommen, und bei wachsender

1) On some compounds derived from the colouring matter of blood. Quarterly Journ. of microscopical science. Oct. 1870. p. 400.

Säuremenge oder fortgesetzter Säureeinwirkung verschob sich die Mitte des fraglichen Streifen von ungefähr 17.50 bis nach 17.90 oder bisweilen noch mehr. Am weitesten im Roth bekomme ich hier, wie oben, Streifen I bei Anwendung von Salzsäure. Ich führe folgende Zahlen, die Mittelzahlen von 10 Messungen, von denen keine von der Mittelzahl sich um mehr als höchstens 4—5 in der zweiten Decimale unterscheidet, an:

Salzsäure	17.96
„	18.05
Schwefelsäure (verdünnt, 1 Tropfen)	17.53
„ (10 mal stärker, 1 Tropfen)	17.85
Phosphorsäure	17.75
Chromsäure (2 Tropfen, 1 1/4 procentige Lösung)	17.52
Borsäure (kalt gesättigte Lösung)	17.53
„ (kalt gesättigte Lösung, grössere Mengen)	17.74
Oxalsäure (verdünnt, 3 Tropfen)	17.52
„ (verdünnt, 12 Tropfen)	17.82
„ (concentrirt, 1 Tropfen)	17.75
„ (concentrirt, 10 Tropfen)	17.91
Weinsäure (verdünnt, 1 Tropfen, sofort)	17.70
„ (verdünnt, 1 Tropfen, nach einem Tage)	17.75
„ (concentrirt, 1 Tropfen)	17.82
Essigsäure (verdünnt, 1 Tropfen)	17.50
„ (ebenso, 1 Tropfen)	17.53
„ (ebenso, 3 Tropfen)	17.72
„ (ebenso, 4 Tropfen)	17.78
„ (ebenso, 5 Tropfen)	17.80
„ (ebenso, 7 Tropfen)	17.88
Aepfelsäure	17.82
Ameisensäure	17.83
(Methämoglobin: einige Wochen alte Blutkrystalle in Wasser	17.50
„ wässerige Hämoglobinlösung, welche mehrere Tage gestanden	17.52
„ 2 1/2 Jahre alte Blutkrystalle in Wasser	17.53).

Bei Einwirkung von nur einem Minimum Säure bekommt man, wie gesagt, den Streifen ungefähr bei 17.50 — 17.53, wenn man nämlich die Lösung in zunehmenden absorbirenden Schichten untersucht; bei unveränderten Schichten kann man gewöhnlich überhaupt die Streifen, welche durch sehr schwache Säureeinwirkung entstehen, nicht sehen. Es gilt nämlich als allgemeine Regel, dass die durch Säureeinwirkung aus Oxyhämoglobinstreifen entstehenden Absorptionsstreifen diesen an Stärke weit nachstehen, mitunter so sehr, dass sich daraus eine Angabe, die man bisweilen findet, erklärt, dass nämlich Oxyhämoglobinstreifen verschwinden, ohne von anderen Absorptionsstreifen ersetzt zu werden, — eine Angabe, welche nur für dieselbe Mächtigkeit der absorbirenden Schicht richtig ist. Im Ganzen genommen ist es nicht leicht, die Säureeinwirkung auf diesem Minimum, wo Streifen I = 17.50 bis 17.53, zu erhalten. Setzt man so viel Säure zu, dass man in derselben Schicht sofort Säurestreifen wahrnimmt, so ist dieses Minimum bei weitem überschritten. Am besten gelang es mir mit minimalen Quantitäten Essigsäure und geringen Mengen Borsäure, ferner dürfte man ziemlich leicht die Einwirkung der Kohlensäure auf dem Minimum erhalten können, welches im Normalspectrum für die Mitte des Streifen eine Wellenlänge von 633 Millionstel mm. ungefähr entspricht. Dort liegt auch der Streifen I im Absorptionsspectrum des Methämoglobin, welche Bezeichnung bekanntlich zuerst von Hoppe-Seyler dem braunen Farbstoffe beigelegt ist, der bei spontaner Zersetzung des Blutfarbstoffes entsteht. Ich komme auf die Existenz und die richtige Stellung dieses Körpers weiter unten zurück und gebrauche bis auf Weiteres den Namen Methämoglobin für den auf die angegebene Weise entstandenen Farbstoff, dessen Absorptionsspectrum stets dieselben Streifen wie das des Hämatin in saurer Lösung zeigt. Ich bezeichne dieselben gleichfalls mit I — IV. Streifen I nimmt somit in der Methämoglobinlösung eine Lage in der Mitte zwischen den nämlichen Streifen in der sauren alkoholischen und der sauren ätherischen Lösung des Hämatin ein; Streifen II und III sind gewöhnlich, aber keineswegs immer durch α und β von übrig gebliebenen Oxyhämoglobin verstärkt. Die Angaben, welche bei den Autoren sich über dies

Methämoglobinspectrum finden, differiren ziemlich bedeutend; bald wird dem Methämoglobin nur der erwähnte Streifen I zugeschrieben, bald aber auch 2, 3 oder 4 Streifen. Hoppe-Seyler in seiner Mittheilung (Med. Centralblatt 1865) spricht nur von Streifen I, identisch mit dem des Hämatin in saurer Lösung. In Sorby's „brown cruorine", welches ganz dasselbe wie Methämoglobin ist[1], beobachtete derselbe nur 3 Streifen, die in seinem Spectrum Nr. 4 abgebildet sind, deutlich I, II und III und auch im Monthly micr. Journ. (Vol. VI, p. 11) redet Sorby von 3 Streifen, 1 im Roth, 2 schwächere im Grün[2]). Preyer hat in Pflüger's Archiv Bd. I 1868, p. 448 3 Streifen erwähnt und abgebildet (Tafel IX Fig. 16), in „Blutkrystalle" 1871 (Tafel II Fig. 4,) hat er dagegen nur 1 Streifen im Roth (zu concentrirte Lösung, als dass die anderen als besondere Absorptionsstreifen wahrgenommen werden konnten) abgebildet, aber sagt weiter unten (p. 191), dass hämoglobinfreies Methämoglobin 4 Streifen habe. E. Ray-Lankaster[3]) theilt wiederum dem Methämoglobin nur 2 Streifen zu, nämlich I und IV, und nimmt an, dass II und III auf Beimengung von Oxyhämoglobin beruhen, eine Frage, worauf ich zurückkommen werde. Hier genügt es zu betonen, dass Methämoglobin ein Spectrum hat, welches vollkommen gleich dem des Hämatin in saurer Lösung ist, mit Streifen I auf derselben Stelle wie bei Einwirkung eines Minimum Säure auf Hämoglobin[4]).

Es ist klar, dass alle sauer reagirenden Salze dies Spectrum hervorrufen können, aber es wird auch durch eine ganze Menge anderer erzeugt, welche der Mischung nicht die geringste saure Reaktion geben, während die Blut- oder Hämoglobinlösung die Farbe verändert und braun oder gelbbraun wird. Ein solches Mittel fand ich bei meinen früheren Untersuchungen über Kohlenoxydblut im

1) On detection of blood-stains by spectrum analysis. Quarterly Journal of science. 1865. p. 209.

2) An einer Stelle spricht Sorby jedoch von 4 Streifen, nämlich 1870 im Quarterly micros. Journ. p. 401, für Blut + Manganoxydoxydul.

3) Note on methemoglobine. Quarterly microsc. Journal 1870. p. 403.

4) Preyer hat auch gesagt, dass die Streifen, welche nach Einwirkung von Kohlensäure und Borsäure eintreten, dem Methämoglobin zugehören.

Ferricyankalium[1]). Ein Zusatz von Ferricyankalium (frische Auflösung von Krystallen in Wasser, ruft sehr rasch und energisch die in Frage stehende Veränderung hervor, und es entsteht ein Absorptionsspectrum, in welchem die 4 Streifen vollkommen übereinstimmen mit dem niedrigsten Grade der Säureeinwirkung oder mit dem durch spontane Zersetzung entstandenen Methämoglobin. Streifen I ist bei 17.53 gelegen, während die Lösung vollkommen neutrale Reaktion zeigt. War die Einwirkung des Ferricyankaliums nur kurz oder gering, so sind natürlich Streifen II und III von rückständigem Oxyhämoglobin verstärkt; es kann aber auch das Oxyhämoglobin ganz fort sein, wie man dies leicht an der Schwäche von Streifen II im Verhältniss zu Streifen III erkennt[2]). Ich führte a. a. O. an, dass, wenn zu dieser Lösung Schwefelammonium gesetzt wird, zuerst das Oxyhämoglobin in seiner ganzen ursprünglichen Stärke wieder aufträte, dann wieder reducirt würde, hierauf aufs Neue beim Schütteln mit Luft wieder erscheine und dann wieder auf gewöhnliche Weise reducirt werde[3]). Wenn man statt Schwefelammonium der mit Ferricyankalium behandelten Blutlösung ganz wenig Ammoniak hinzusetzt, so ändert die gelbbraune bis braunrothe Lösung sofort die Farbe und wird tief roth, sie bleibt fortwährend vollständig klar, wenn man nicht einen grossen Ueberschuss der erwähnten Reagentien genommen hat, zeigt aber nun ein anderes Spectrum:

1) A. a. O. p. 93. — Preyer erwähnt (Blutkrystalle. p. 87) Ferricyankalium unter den Salzen, welche gegen Oxyhämoglobinlösungen sich indifferent verhalten und das Absorptionsspectrum oder die Farbe der Lösung nicht anders als durch Addition, wenn sie selbst gefärbt sind, verändern. Diese Angabe ist somit unrichtig.

2) Beim Oxyhämoglobin ist nämlich immer Streifen α, welcher seiner Lage nach so ziemlich mit Streifen II zusammenfällt, stärker als β, welches mit Streifen III zusammenfällt; hier dagegen ist III immer bedeutend stärker als II, welcher sicher nur von einem geübten Auge wahrgenommen werden kann, wenn derselbe nicht durch rückständiges Oxyhämoglobin verstärkt wird.

3) Ich bemerkte dabei, dass bei der ersten Reduktion kein Sulfhämoglobinstreifen auftrete, wohl aber dem gewöhnlichen Verhalten entsprechend bei der zweiten. Dies ist nicht ganz richtig: auch bei der ersten Reduktion tritt der Sulfhämoglobinstreifen auf, jedoch so schwach, dass man gewöhnlich nur bei Untersuchung in verstärkten Schichten sein Vorhandensein constatiren kann, und wirklich schwächer als bei späteren Reduktionen.

Streifen I im Roth ist verschwunden, Streifen IV ebenso. Streifen II und III sind ersetzt von ein Paar Streifen, welche an dem Platze der Oxyhämoglobinstreifen liegen und dieselbe Breite wie diese haben; ich bezeichne desshalb diese Streifen, über deren Natur weiter unten die Rede sein wird, als α' und β'. Ausserdem findet sich noch ein dritter neuer Streifen, welcher zwischen C und D näher an D liegt und dessen Mitte gewöhnlich 16.67 in meinem Spectroskop ist[1]). Von diesem Streifen setzt sich eine allgemeine leichte Absorption wie ein Schleier nach dem violetten Ende des Spectrum zu fort, welche Absorption am stärksten zwischen dem letzterwähnten Streifen, den ich der Kürze wegen und aus Gründen, welche weiter unten ersichtlich sind, mit π bezeichnen will, und α' ist, sich aber weiter fortsetzt, bei stärkerer Absorption alle 3 Streifen in einem Schleier verhüllt und bald alles Blau verdeckt. Das beschriebene Spectrum erhält man sogleich, wenn man zur Blutlösung zuerst ein Minimum Ammoniak setzt und alsdann mit Ferricyankaliumlösung behandelt. Was ergiebt dieses 3streifige Spectrum (Tafel I, Fig. 11)? In erster Linie ist man geneigt, eine Mischung von Oxyhämatin und Oxyhämoglobin anzunehmen, aber eine genauere Untersuchung macht dies sogleich zweifelhaft, der Streifen π stimmt in keiner Weise mit dem des Oxyhämatinalkali überein und die Streifen zwischen D und E liegen freilich auf der Stelle der Oxyhämoglobinstreifen, aber β' ist entschieden stärker als α', während dies bei den Oxyhämoglobinstreifen stets umgekehrt ist. Fügt man nun einen Tropfen Schwefelammonium hinzu und thut dies, indem die Flüssigkeit ganz ungerührt stehen bleibt, unter fortwährender spectroskopischer Beobachtung, so bekommt man zu sehen, wie der Streifen π verschwindet und wie die beiden andern zu ganz deutlichen Oxyhämo-

1) Ich sage gewöhnlich, indem bei wachsender Stärke der Absorption diese Streifen nicht wie Oxyhämoglobinstreifen in gewissen Grenzen um dieselbe ziemlich unverschobene Mittellinie herum anschwellen, sondern bei wachsender Absorption sich etwas einseitig erweitern, vorzugsweise nach dem Orange zu, so dass die Mitte etwas, obschon unbedeutend, nach dem Orange zu, ungefähr bis 16.71, verschoben wird; d. h. denke ich mir die Absorption bei diesen Streifen von einer Curve repräsentirt, so fällt diese nicht gleichmässig steil auf beiden Seiten, sondern fällt langsamer auf der weniger gebrochenen Seite des Spectrum ab.

globinstreifen verstärkt werden, mit dem gewöhnlichen Uebergewicht von α und in ihrer ursprünglichen Stärke, während der Schleier, welcher die stärker gebrochene Seite des Spectrum einhüllte, verschwindet. Darauf beginnen die Oxyhämoglobinstreifen trüb zu werden, ein schwacher Sulfhämoglobinstreifen zeigt sich und die Reduction verläuft auf die gewöhnliche Art, indem sich das γ des reducirten Hämoglobin in seiner gewöhnlichen Form und Begrenzung zeigt; die Blutfarbe ist nun ganz wiedergekehrt, die reducirte Blutlösung zeigt ihren gewöhnlichen bläulichen Farbenton und starke Dichromasie. Von dem α des reducirten Hämatin, welches ein so äusserst empfindliches Zeichen für reducirtes Hämatin ist, erscheint keine Spur, wenn man frische Blut- oder Hämoglobinlösung verwendet und allzu grossen Ueberschuss der Reagentien vermeidet; sonst kann man es zwar sehen, und es tritt, während die Oxyhämoglobinstreifen noch vorhanden sind, zwischen diesen hervor und bildet nachher eine leicht erkennbare Verstärkung von γ, ein Spectrum, wie ich es in Tafel I, Fig. 6 gezeichnet habe. In der Regel erscheint jedoch, wie gesagt, keine Spur davon, und es ist ganz unzweifelhaft, dass π nicht auf Oxyhämatinalkali beruht, mit dessen Streifen es, wie bemerkt, keine Aehnlichkeit hat. Ueberblicken wir somit den Verlauf, so bildet sich aus der neutral reagirenden gelbbraunen Lösung mit 4 Absorptionsstreifen, welche vollkommen denen des Methämoglobin gleichen, bei Zusatz von Ammoniak eine tiefrothe Lösung, die jedoch mehr als Blut einen Stich ins Braune hat und welche 3 Absorptionsstreifen gibt: einen π zwischen C und D näher an D und die beiden andern α' und β' zwischen D und E an der Stelle der Oxyhämoglobinstreifen, α' schwächer als β'. Bei Reduktion mit Schwefelammonium wird die Blutfarbe vollständig restituirt. Im ersten Stadium der Reduktion tritt das Oxyhämoglobin vollständig wieder auf, im zweiten Stadium wird dasselbe auf gewöhnliche Weise wieder reducirt. Auf die Lage des Streifen im Orange hatte es keinen Einfluss, ob ich viel oder wenig Ferricyankalium nahm; beim Gebrauche von wenig Ferricyankalium bewirkte Ammoniak oder Schwefelammonium keine Fällung und die Lösung blieb klar, was nicht der Fall war, wenn ein grosser Ueberschuss von Ferricyankalium in Anwendung kam.

Dieselben Erscheinungen traten auf, wenn ich Blut oder Hämoglobinlösungen mit einer Solution von schwefelsaurem Eisenoxydul in destillirtem Wasser behandelte. Die Mischung änderte die Farbe, verschieden rasch je nach der Stärke der Lösung; mit den von mir benutzten Lösungen wurde die Flüssigkeit gewöhnlich nach einigen Stunden braungelb und zeigte das fragliche 4streifige Spectrum, so entwickelt, dass man kein unverändertes Hämoglobin im Spectrum wahrnehmen konnte. Setzte ich nun eine frisch bereitete, kräftig reducirende Stokes'sche alkalische Eisenoxydullösung hinzu, so wurde die Mischung alsbald roth, aber rasch entstand eine graugrüne Fällung, welche nicht besonders stark war, wenn zu grosser Ueberschuss der alkalischen Lösung vermieden wurde. Liess ich den Niederschlag zu Boden sinken, so zeigte die darüber stehende Flüssigkeit die blaurothe Farbe und die spektralen Absorptionsstreifen des reducirten Hämoglobin, ohne Beimengung von reducirtem Hämatin und nach Schütteln mit Luft starke schöne Oxyhämoglobinstreifen. Filtrirte ich den Niederschlag ab, so zeigten sich in jeder neu durchfiltrirten Portion die Oxyhämoglobinstreifen, das Hämoglobin nahm Sauerstoff beim Filtriren auf, wurde aber schnell aufs Neue von dem überschüssigen Reduktionsmittel reducirt und beim Schütteln mit Luft wurden abermals kräftige Oxyhämoglobinstreifen hervorgerufen[1]). Hier ist somit, wie bei Behandlung mit Ferricyankalium, nachdem das Hämoglobin durch das Eisensalz in denjenigen Körper übergeführt wurde, welcher das 4streifige Spectrum des sauren Hämatin oder des Methämoglobin gibt, durch Reduktionsmittel der gesammte Farbstoff wieder zu gewöhnlichem Hämoglobin geworden.

Ganz dieselbe Erscheinung bei der Reduktion tritt ein, wenn eine mit Säure zersetzte Blutlösung oder durch spontane Zersetzung entstandenes Methämoglobin mit Reduktionsmitteln behandelt wird: das Hämoglobin erscheint wieder zum allergrössten

1) Man kann hier nicht wie bei dem gewöhnlichen Blute mehrere Male mit Luft schütteln und reduciren, denn nach dem Schütteln mit Luft wirkt die entstandene grosse Menge Eisenoxydsalz auf den Farbstoff ein, die Lösung wird wieder gelb u. s. w.; ausserdem bildet sich rasch darauf Trübung und graugrüner Niederschlag.

Theile, bisweilen unzweifelhaft vollständig, wenn man unnöthige Ueberschüsse der Reagentien vermeidet. Dieses Factum ist, soweit es sich um Kohlensäure und Essigsäure handelt, zuerst im Jahre 1868 von Munnich[1]) in einer Inauguraldissertation beschrieben. Für Essigsäure beschrieb Preyer 1871 dasselbe in seinem Buche über Blutkrystalle. Es wird mir jedoch gestattet sein, zuerst die Thatsachen darzustellen, wie ich sie bei wiederholten Versuchen gesehen habe, um auf Grundlage davon zu zeigen, inwieweit die Angaben der Autoren und die von ihnen versuchte Deutung der Erscheinungen richtig oder unrichtig sind. Ich zersetzte frische Blutlösungen mit:

Essigsäure, Oxalsäure, Weinsäure, Aepfelsäure, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Salzsäure, Chromsäure, Borsäure, ausserdem mit:

doppelt oxalsaurem Kali und doppelt chromsaurem Kali,

so vollständig, dass alles Hämoglobin daraus verschwunden war, und reproducirte dann mit Reduktionsmitteln, Schwefelammonium oder Stokes'scher Eisenoxydullösung, allen oder nahezu allen Farbstoff als Hämoglobin. Die Erscheinungen hierbei zeigten stets eine solche Uebereinstimmung, dass ich mich darauf beschränken kann, wenige Versuche anzuführen.

Frische Blutlösung[2]) wurde mit einem Tropfen concentrirter Weinsäurelösung versetzt. Die Mischung färbte sich sehr rasch gelbbraun und zeigte das Spectrum des sauren Hämatin, Streifen I bei 17.82 belegen, und die Oxyhämoglobinstreifen waren vollständig verschwunden. Auf Zusatz von 1 Tropfen Ammoniak wurde die Flüssigkeit alsbald tief roth, ohne sich zu trüben und zeigte wie oben bei dem mit Ferricyankalium behandelten Blute angegeben ist, 3 Streifen, nämlich einen im Orange näher an D, 16.89 — 16.53 = x, die beiden anderen auf dem Platze der Hämoglobinstreifen, β' jedoch stärker als α', den nämlichen Schleier im Zwischenraum x bis α' und allgemeine Absorption der stärker

1) Onderzoekingen gedaan i het physiologisch laboratorium der Leidsche Hoogeschool, uitgegeven door A. Heinzius. Leiden 1869. p. 14—66.

2) Ich benutzte im Allgemeinen entsprechend der Grösse meines Glastroges, ungefähr 8—9 ccm.

gebrochenen Seite des Spectrum. Auf Zusatz eines Tropfens von gelbem Schwefelammonium wurde die tiefrothe Farbe in die gewöhnliche der Blutlösungen verwandelt und im Spectrum erschienen nun starke schöne Oxyhämoglobinstreifen in ihrer ursprünglichen Stärke, welche nach einer Weile auf gewöhnliche Weise reducirt wurden. Es zeigten sich der Sulfhämoglobinstreifen und der Streifen des reducirten Hämoglobins von gewöhnlichem Aussehen und ohne Addition von reducirtem Hämatin. Zu einer andern auf dieselbe Weise behandelten Portion wurde an Stelle von Schwefelammonium alkalische Lösung von weinsaurem Eisenoxydul gesetzt. Dieselbe wirkte stark reducirend und schon in wenigen Augenblicken traten Färbung und Spektralstreifen des reducirten Hämoglobin auf. Bei andern gleichzeitigen Proben mit denselben Blut- und Weinsäurelösungen in verschiedenen Verhältnissen erhielt ich bei Zusatz von Ammoniak theils geringe Trübung und Fällung und im Filtrate die eben beschriebenen Erscheinungen bei der Reduktion, theils bekam ich auch einen beträchtlichen Niederschlag, der fast den gesammten Farbstoff mit sich riss.

Blut mit Phosphorsäure (10procentige Lösung). Blutlösung mit 1 Tropfen Säure gab schnell eine braungelbe Lösung, die Oxyhämoglobinstreifen waren vollständig fort, Streifen I = 17.75; mit Ammoniak wurde die Flüssigkeit tief roth und eine geringe Trübung entstand, welche sich jedoch rasch wieder auflöste; das Spectrum zeigte, wie im vorigen Versuche, 3 Streifen: π (16.71), α' und β'; nach Zusatz von 1 Tropfen Schwefelammonium kehrte die Blutfarbe vollständig wieder und die Oxyhämoglobinstreifen wurden in ihrer ursprünglichen Stärke sichtbar und dann auf gewöhnliche Weise reducirt, ohne dass eine Spur von Hämatin sich zeigte. — Mit 2 Tropfen Säure erhielt ich anfänglich ganz dieselben Erscheinungen: bei Zusatz von Ammoniak eine geringe Fällung, nach deren Abfiltriren das Spectrum $\pi + \alpha' + \beta'$ deutlich wurde: Schwefelammonium rief die ursprünglichen Oxyhämoglobinstreifen wieder hervor und reducirte sie dann in gewohnter Manier. Eine Blutlösung, die mit einer grossen Menge Phosphorsäure behandelt und alsbald gelbbraun wurde, Streifen I = 17.75 und ohne eine Andeutung von Oxyhämoglobinstreifen, gab bei Zusatz von Ammoniak

bis zu stark alkalischer Reaktion einen nicht besonders grossen Niederschlag und das oft erwähnte Spectrum $\pi + \alpha' + \beta'$, bei Einwirkung von Schwefelammonium kräftige Oxyhämoglobinstreifen und nach vollendeter Reduktion Sulfhämoglobinstreifen und Streifen des reducirten Hämoglobin, ganz wie gewöhnlich, ohne Spur von Hämatin-α, obschon die Reduction mit unablässiger Aufmerksamkeit verfolgt wurde und das Haarkreuz im Voraus auf den Platz des reducirten Hämatin-α eingestellt war. In allen diesen Fällen wurde das Hämoglobin somit vollständig restituirt.

Eine Blutlösung wurde mit 1 Tropfen verdünnter Schwefelsäure versetzt: sehr rasch gelbbraune Lösung, in welcher die Oxyhämoglobinstreifen total fehlten, Streifen I = 17.85; 1 Tropfen Ammoniak rief starke Fällung hervor, die jedoch bei Zusatz von mehr Ammoniak bis zu stark alkalischer Reaktion sich wieder vollständig zu einer tiefrothen, klaren Flüssigkeit auflöste, welche letztere das oben beschriebene 3streifige Spectrum $\pi + \alpha' + \beta'$ gab. Nach Zusatz von Schwefelammonium kamen äusserst starke Oxyhämoglobinstreifen wieder, um in gewöhnlicher Weise reducirt zu werden, daneben Sulfhämoglobinstreifen; völlige Wiederherstellung der Blutfarbe. — Gleich viel Blutlösung wurde mit 1 Tropfen Schwefelsäure, die 10mal mehr verdünnt als in erstem Versuche war, versetzt; es zeigte sich rasch bei Untersuchung in dickeren Schichten der Säurestreifen I bei 17.53 und am folgenden Tage war die Lösung braungelb, mit einem geringen weissen Niederschlag am Boden; die vollkommen klare braungelbe Lösung zeigte spectroskopisch kein Hämoglobin, sondern die 4 Streifen des sauren Hämatin in ihrer gewöhnlichen relativen Stärke, mit Streifen I bei 17.53 wie am Tage zuvor, jedoch nun bedeutend stärker; mit Ammoniak wurde die Flüssigkeit tiefroth, mehr granatroth als blutfarben, vollkommen klar, mit dem Spectrum $\pi + \alpha' + \beta'$; die Lösung wurde getheilt und die eine Portion mit Schwefelammonium, die andere mit Stokes'scher Eisenoxydullösung reducirt; in beiden Fällen kehrte die Blutfarbe wieder und in beiden (in der Mischung mit Eisenoxydul bei sehr schleuniger Untersuchung) konnte die vollständige Wiederkehr der Oxyhämoglobinstreifen und ihre Reduktion in gewöhnlicher Manier verfolgt werden.

Eine Blutlösung wurde mit einem Tropfen verdünnter Salzsäure versetzt: die Lösung braungelb, Oxyhämoglobinstreifen vollständig entfernt, Säurestreifen I bei 17.96, somit um C herum; bei vorsichtigem Zusatz von Ammoniak keine Trübung, die Flüssigkeit wurde nur etwas röther und das Spectrum $\alpha + \alpha' + \beta'$ erschien, alle 3 Streifen deutlich, doch ziemlich schwach; vorsichtiger Zusatz von Schwefelammonium restituirte die Blutfarbe und schöne Oxyhämoglobinstreifen, die auf gewöhnliche Weise reducirt wurden. Das Spectrum war ziemlich klar im Blau, so dass keine Spur von Oxyhämatin sich vorfindet; bei Reduktion erschien keine Andeutung von Hämatin-α, das γ des reducirten Hämoglobin hatte seine vollständig legitime Form und Schütteln mit Luft restituirte die Oxyhämoglobinstreifen in ihrer ursprünglichen Stärke.

Es dürfte keinen Zweck haben, weitere Versuche aufzuführen, da sie insgesammt vollständig mit einander übereinstimmen und da ja Jedermann sich leicht von der Richtigkeit derselben überzeugen kann. Ich muss jedoch dabei einen Rath ertheilen, nämlich zu dem Versuche frisches Blut anzuwenden. Mir ist es wenigstens öfters vorgekommen, dass bei nicht recht frischem Blute das Hämoglobin nicht vollständig wieder erhalten wurde, sondern ein Theil des Blutfarbstoffs in Hämatin überging und bei Reduktion, je nach der Menge desselben, im Absorptionsspectrum von Hämatin-α oder von Hämatin-α und -β repräsentirt wird. Uebrigens ist es leicht wahrzunehmen, ob sich hier etwas Hämatinalkali bildet, denn, wenn dieses geschieht, so schiesst, wie bemerkt, bei der Reduktion das so äusserst charakteristische α des reducirten Hämatin in dem freien Intervalle zwischen den Oxyhämoglobinstreifen an, während diese noch vorhanden und kaum sichtbar verändert sind. Stellt man nun im Voraus das Haarkreuz genau auf die Stelle von α, so glaube ich nicht, dass die geringste Spur von Hämatinalkali der Untersuchung entgehen kann. Nach vollendeter Reduktion erhält man in solchem Falle ein Mischungsspectrum von reducirtem Hämoglobin (mit seinem treuen Begleiter Sulfhämoglobin bei Benutzung von Schwefelammonium als Reduktionsmittel) und reducirtem Hämatin, ein Spectrum, welches keineswegs schwer zu deuten ist. (Tafel I, Fig. 6.)

Man erhält hiernach die allgemeine Regel, dass, wenn das Hämoglobin des Blutes mit geringen Mengen einer Säure zersetzt wird, selbst so, dass in der braungelben Lösung kein Hämoglobin mehr nachweisbar ist, während die Lösung das Absorptionsspectrum des sauren Hämatin mit wechselnder Lage des Säurestreifen zwischen C und D im Verhältniss zu der Concentration der Säure gibt, Zusatz von Ammoniak bis zu deutlich alkalischer Reaktion eine tiefrothe Farbe hervorbringt, tiefer roth als die Blutfarbe, mit einem Spectrum $\pi + \alpha' + \beta'$, π ziemlich schmal zwischen C und D näher an D, α' und β' auf dem Platze der Oxyhämoglobinstreifen, alle 3 Streifen in einem leichten Schleier verhüllt, welcher um D herum am stärksten ist. Aus dieser Lösung werden Blutfarbe und Oxyhämoglobinstreifen vollständig restituirt bei Zusatz von Reduktionsmitteln, welche Streifen darauf in gewöhnlicher Ordnung reducirt werden.

Ganz dasselbe Verhalten findet bei dem sogenannten Methämoglobin statt. Nahm ich eine braune Masse von Hundeblutkrystallen, welche 2½ Jahr trocken gelegen hatten und löste dieselben in destillirtem Wasser, so erhielt ich, wie gewöhnlich, grauliche ungelöste Flocken und eine braungelbe Lösung, welche auf Lakmuspapier keine Einwirkung hatte und das gewöhnliche 4 streifige Absorptionsspectrum zeigte. Setzte ich eine kräftig reducirende Stokes'sche Eisenoxydullösung hinzu, so veränderte sich das Spectrum augenblicklich; es zeigten sich deutliche Oxyhämoglobinstreifen, welche sofort reducirt wurden; aber, während sie noch vorhanden waren, schoss zwischen ihnen das α des reducirten Hämatin an und bei weiterer Reduktion bildete sich ein Mischungsspectrum von γ des reducirten Hämoglobin $+ \alpha$ und β des reducirten Hämatin, β sehr schwach; beim Schütteln mit Luft Oxyhämoglobinstreifen, und das Oxyhämatin wurde von einer diffusen Absorption der stärker gebrochenen Seite des Spectrum repräsentirt. — Setzte ich zu Methämoglobinlösung einen Tropfen Ammoniak, so veränderte sie alsbald die Farbe, wurde roth, jedoch mit Zumischung von Braun und zeigte ein Spectrum mit 3 Streifen $= \pi + \alpha' + \beta'$, worauf nach Zusatz von Schwefelammonium π verschwand, während α' und β' zu ziemlich kräftigen Oxyhämoglobin-

streifen verstärkt wurden; bei weiterer Reduktion schoss Hämatin-α zwischen den Oxyhämoglobinstreifen an und ein Mischungsspectrum von Sulfhämoglobin + reducirtem Hämoglobin + reducirtem Hämatin bildete sich aus: Streifen um 17.20 (s), starker Schatten von 16.35 (Hb-γ) bis 15.40, wo ein Streifen 15.40 — 14.10 (Htn-α) wahrnehmbar ist, darauf ein verschleierter Zwischenraum, bis ein schwacher Streifen beginnt, ungefähr 14.48 — 13.80 (Htn-β); Licht fällt bis 10.10 durch; nach Schütteln mit Luft sehr starke Oxyhämoglobinstreifen und allgemeine Absorption (von Oxyhämatin) der stärker gebrochenen Seite des Spectrum, Licht fällt nur bis 11.10 durch. Es war somit nicht alles Hämoglobin bei der Reduktion restituirt, sondern ein Theil des Farbstoffs war in Hämatinalkali übergegangen. Nahm ich Blut, welches nach Zusatz von Borax im grossen Ueberschuss eingetrocknet war und ein Alter von 2 Jahren hatte, so erhielt ich in der wässerigen Lösung das bekannte Spectrum $\pi + \alpha' + \beta'$, und bei der Reduktion wurden die nämlichen Resultate wie oben erhalten.

Sehen wir nun zu, wie sich unsere Angaben gegenüber schon bekannten Erscheinungen verhalten. Munnich theilt in seinen oben citirten Onderzoekingen over de bloodkleurstoff, 5:0 de overgang van haematine in haemoglobine, einige Versuche mit, in denen er aus Blut- oder Hämoglobinlösung nach Behandlung mit Kohlensäure oder Essigsäure, bis kein Hämoglobin mehr bemerkbar war, mit Reduktionsmitteln (Stokes'scher Eisenoxydullösung) den Blutfarbstoff insgesammt oder grösstentheils als Hämoglobin wieder erhielt; ebenso aus Methämoglobin (getrockneten braunen Hämoglobinkrystallen), ausserdem aus gekochtem Blute oder aus solchem, welches mit Zucker und Alkali behandelt war. Er sah somit unzweifelhaft dasselbe Hauptfactum: das Wiederauftreten von Hämoglobin nach der Reduktion, eine Beobachtung, deren Richtigkeit über jeden Zweifel erhaben ist.

Als er die saure Hämatinlösung oder Methämoglobinlösung mit Ammoniak oder Kali alkalisch machte, sah er schwache Streifen, unsere α' und β', welche er als Oxyhämoglobinstreifen deutete, weshalb er annahm, dass ein geringer Theil des Hämoglobin reproducirt sei. Der Säurestreifen oder Methämoglobinstreifen war verschwunden,

aber „ersetzt durch den Streifen des alkalischen Hämatin“. Als solchen hat er somit den Streifen nach links von D gedeutet, welchen ich mit π bezeichnet habe, der aber durchaus nicht mit dem Streifen des Hämatinalkali im Orange übereinstimmt und auf dessen Bedeutung ich weiter unten zurückkommen werde. Er reducirte nun mit Stokes'scher Eisenoxydullösung, welche, wie ich vorhin hervorhob, äusserst rasch reducirt, und sah darum die Oxyhämoglobinstreifen erst nach dem Schütteln der reducirten Flüssigkeit mit Luft auftreten; sofort nach der Reduktion hatte er, wie aus seiner Beschreibung ganz deutlich hervorgeht, ein Mischungsspectrum von reducirtem Hämoglobin + reducirtem Hämatin vor sich, und dieses reducirte Hämatin fand er nach Schütteln mit Luft durch keinen Oxyhämatinstreifen wieder repräsentirt (er hatte erwartet, Streifen π von ihm als Oxyhämatinstreifen gedeutet wieder zu finden). Munnich zog hieraus den Schluss, dass beim Schütteln mit Luft das reducirte Hämatin in Oxyhämoglobin übergehe. Zuführung von Luft hat somit für Munnich eine Bedeutung erhalten, welche sie nach den oben angeführten Versuchen gar nicht hat; sein Schlusssatz lautet deshalb, so weit dabei der in Rede stehende Prozess in Frage kommt, folgendermassen: „de door koolzur, zuren — — — uit haemoglobine gevormde haematine gaat door geringe hoevelheden alcali en vooral door overbrenging in den gereduceerden staat en opvolgenden toevoer van oxygenium, weder in haemoglobine over.“ Dies ist insofern unrichtig, als die Sauerstoffzuführung für die Wiederkehr des Hämoglobin völlig gleichgiltig ist und als der Farbstoff keineswegs zu diesem Zwecke ein Uebergangsstadium von reducirtem Hämatinalkali durchmachen muss; die Reduktion ist für sich vollkommen ausreichend. Munnich's hypothetische Erklärung der fraglichen Erscheinungen erklärt dieselben eigentlich nicht, sondern ist eine Umschreibung seiner erwähnten Deutung: es bedarf einer gewissen Menge Sauerstoff, damit das Hämatin in Verbindung mit dem Eiweisskörper bleibt; durch die verschiedenen Agentien, vermittelst derer die beschriebenen Veränderungen zu Stande kommen, wird Sauersoff fortgenommen; dadurch scheidet sich das Hämatin von dem anderen Bestandtheil, welcher in Lösung oder im löslichen Zustande bleibt; wird nun aufs Neue Sauerstoff zu-

geführt, so verbindet es sich abermals mit dem Eiweisskörper; das Zustandekommen dieser Verbindung wird befördert durch Anwesenheit geringer Menge Alkali, vor Allem aber durch vorgängige Ueberführung des Hämatin in den reducirten Zustand, in welchem es am begierigsten den erforderlichen Sauerstoff aufnimmt. — Munnich's Beobachtung über die Wiederkehr von Hämoglobin aus sauren Lösungen wurde von Heinzius in seiner „Naschrift op Dr. Munnich's bijdrage" in besagten Onderzoekingen 1869 bestätigt; Heinzius' Auffassung über den Modus des Prozesses stimmt mit der von Munnich überein.

Näher kommt Preyer's Beschreibung[1]). Wenn man nach Preyer einer Hämoglobin- oder Blutlösung eine äusserst geringe Menge verdünnter Essigsäure zusetzt, so dass die Blutfarbe erst nach längerer Zeit verschwindet und die Lösung braun geworden ist, wobei sie die 4 Absorptionsstreifen des sauren Hämatin zeigt, so kann man durch Zusatz von genau so viel Ammoniak, dass der Eiweiss-Niederschlag sich wieder auflöst, die Blutfarbe mit einer bräunlichen Nuancirung wieder hervorrufen, und man bekommt dann ein Spectrum, welches sehr dem des Oxyhämoglobin gleicht, ausgenommen, dass α und β weniger intensiv und oft undeutlich sind; bisweilen wird diffuse Absorption seitlich von und zwischen denselben wahrgenommen. Wird nun zu der Lösung eine Spur eines Reduktionsmittels (Schwefelammonium) hinzugesetzt, so färbt sich die Lösung alsbald rein arteriell und das Oxyhämoglobinspectrum tritt wieder mit unverminderter Schönheit auf, α und β sind scharf begrenzt und schwarz wie zuvor. Das nun weiter reducirbare Oxyhämoglobin ist mit allen seinen Eigenschaften restituirt. Diese Beobachtung Preyer's ist somit vollkommen richtig, ausgenommen, dass er nach dem Zusatze von Ammoniak den schwachen Streifen in der Nähe von D, den ich mit x bezeichnet habe und welcher für die Erklärung nicht ohne Wichtigkeit ist, übersehen hat. Im Einklang mit seiner Hämatoïntheorie nimmt Preyer nun an, dass das in Lösung befindliche, schon ausgelöste Eisen bei Ammoniak-

1) Synthese des rothen Blutfarbstoffs aus seinen Zersetzungsprodukten. Centralbl. f. d. medicin. Wissensch. 1871. p. 145. — Blutkrystalle. p. 137.

zusatz wieder in Verbindung mit dem Blutfarbstoff trete, der sich gleichfalls wieder mit dem Eiweisskörper vereinige, und zwar zu einer Verbindung, welche mehr locker gebundenen Sauerstoff als das Oxyhämoglobin enthalte, indem das Spectrum des Oxyhämoglobin erst auftrete, wenn ein reducirendes Mittel hinzukomme. Preyer betrachtet somit den fraglichen Prozess als eine „Synthese" des Blutfarbstoffs aus seinen schon getrennten Bestandtheilen, mit einem höheren Oxydationsprodukte als Zwischenstadium — gleich wie er und ebenso schon früher (1868) Munnich gewisse andere Beobachtungen gemacht hatten, aus denen sie beide auf eine solche Synthese von Hämoglobin aus seinen Derivaten in alkalischer Lösung schlossen, eine Frage, auf welche ich weiter unten zurückkommen werde.

Wir gelangen jetzt zu der Deutung dieser Erscheinung. Nach meiner Ansicht haben wir hier mit dem Spectroskop so zu sagen direkt gesehen, wohin der Sauerstoff oder wenigstens ein Theil desselben, welcher bei Zusatz von Säuren zum Blut gebunden wird, seinen Weg nimmt, eine Thatsache, welche seit Lothar Meyer's Versuchen mit Weinsäure bekannt ist und bezüglich deren Pflüger und Zuntz[1]) sowie Strassburg[2]) nachgewiesen haben, dass der Sauerstoff von Hämoglobin selbst in Beschlag genommen wird. „Die Ursache der Sauerstoffbindung," heisst es in dem erwähnten Aufsatze von Pflüger und Zuntz, „wird durch die Zersetzung des Hämoglobins bedingt. Eins der entstehenden Zersetzungsprodukte oxydirt sich in statu nascenti höher." Nach meiner Auffassung ist es das Hämoglobin selbst, das bei Zusatz von Säuren mehr Sauerstoff aufnimmt als das Oxyhämoglobin enthält und in einen Farbstoff übergeht, welcher einen höheren Grad von Sauerstoffbindung des Blutfarbstoffs darstellt und aus welchem der Sauerstoff mittelst stark reducirenden Substanzen wieder entfernt wird, wobei zuerst Oxyhämoglobin und später reducirtes Hämoglobin resultirt. Für die spontane Zersetzung des Blutfarbstoffs ist diese Ansicht

1) Ueber den Einfluss der Säuren auf die Gase des Blutes. Arch. f. die gesammte Physiologie Bd. I. 1868.

2) Ueber den Einfluss der Säuren auf den Sauerstoff des Hämoglobins. Archiv f. d. gesammte Physiologie. Bd. IV. 1871.

bereits von Sorby 1870 in einer ganz kurzen Notiz im Quart. micr. Journ. p. 400 aufgestellt; ebenso sagt Sorby 1871 im Monthly micr. Journ. p. 11, er sei geneigt, „das Methämoglobin als ein Peroxyhämoglobin aufzufassen". Der Weg vom Hämoglobin zum Hämatin bei Spaltung mit Säuren führt somit durch einen höheren Sauerstoffbindungsgrad, ein Peroxyhämoglobin, identisch mit Methämoglobin. — Möglicherweise haben wir hierin eine Erklärung für das eigenthümliche Factum, dass der Säurestreifen in Roth so ausserordentlich variirt. Meiner Ansicht nach kann der wechselnde Gasgehalt dabei im Spiele sein. Wir wissen ja, wie mächtig der Gasgehalt auf das Spectrum und die Farbenerscheinungen des Blutfarbstoffs einwirkt. Mit zunehmender Acidität schiebt sich der Streifen mehr nach dem rothen Ende, Licht von grösserer Wellenlänge wird absorbirt; ebenso wird mit grösserer Acidität auch mehr Sauerstoff nach Pflüger und Zuntz (a. a. O. p. 371) gebunden. — Hoppe-Seyler sagt[1]), dass Hämatin ein bei Spaltung des Oxyhämoglobin entstehendes Oxydationsprodukt sei; da er dies jedoch hauptsächlich aus dem Grunde zu behaupten scheint, dass eine Addition von Sauerstoff nöthig sei, um sein „Hämochromogen" in „Hämatin" überzuführen, so will ich hierbei bemerken, dass dieses Factum nach demjenigen, was ich früher gezeigt habe, nichts anderes bedeutet, als dass reducirtes Hämatin mit Begierde Sauerstoff aufnimmt und zu Oxyhämatin wird, ebenso wie reducirtes Hämoglobin auf die nämliche Art zu Oxyhämoglobin wird.

Ist nun Vorstehendes richtig, so muss man mit Oxydationsmitteln dieselben Erscheinungen hervorrufen können, welche bei Behandlung mit schwachen Säuren oder mit Ferricyankalium oder bei spontaner Zersetzung statthaben. Dies ist in der That der Fall. Setzt man zu einer Blutlösung vorsichtig eine sehr verdünnte Lösung von übermangansaurem Kali, so färbt sich die Lösung braungelb und zeigt das vollständige Methämoglobinspectrum mit Streifen I bei 17.53 und allen übrigen Streifen bei passender Dicke der

1) Ueber die Zersetzungsprodukte des Hämoglobins. Ber. der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin. 1870. p. 229.

absorbirenden Schicht, sogar Streifen IV; ein Tropfen Ammoniak veranlasst sofort einen Farbenwechsel der Lösung, so dass dieselbe roth wird und das beschriebene 3 streifige Spectrum $= \pi + \alpha' + \beta'$, sowie allgemeine Absorption der stärker gebrochenen Seite des Spectrum zeigt; fast alles Blau wird bei einer Verdünnung absorbirt, wo von Anfang an deutlich geschiedene Oxyhämoglobinstreifen sichtbar sind. Setzt man zu dem Blute zuerst Ammoniak und später übermangansaures Kali, so bekommt man sofort das Spectrum $\pi + \alpha' + \beta'$. Soweit sind diese Erscheinungen vollkommen richtig von Preyer (Blutkrystalle, p. 100) beschrieben, welcher auch dieses Spectrum in Fig. 8 seiner zweiten Tafel abbildet und mit Recht betont, dass der Streifen, welchen ich π (Peroxyhämoglobin) genannt habe, nicht dem Hämatinalkali angehören kann. Setzte ich zu der rothen Lösung, welche dieses Spectrum gab, einen Tropfen Schwefelammonium, so gingen die Streifen α' und β' alsbald in ganz deutliche und kräftige Oxyhämoglobinstreifen über, Streifen π links von D verschwand, das Grün und der Anfang von Blau wurden klar und die Oxyhämoglobinstreifen wurden auf gewöhnliche Weise reducirt: Auftreten des Sulfhämoglobinstreifen + Streifen des reducirten Hämoglobin, ohne jede Andeutung von reducirtem Hämatin, wenn alles gut ging; Schütteln mit Luft restituirte die Oxyhämoglobinstreifen in ihrer ursprünglichen Stärke. Hat man zu viel übermangansaures Kali genommen, so bildet sich leicht gleichzeitig Hämatinalkali, man bekommt dann Htn-α zwischen den Oxyhämoglobinstreifen u. s. w., wie ich es oben beschrieben habe. Die Gleichheit in der Einwirkung eines Minimum von irgend einer Säure und von Ferricyankalium einerseits und des übermangansauren Kali andererseits ist somit auch in den geringsten Details eine vollkommene. Sorby hat dieselben Erscheinungen erhalten, jedoch langsamer, bei Benutzung von Manganoxydoxydul als Oxydations- und von Eisenfeilspänen als Reduktionsmittel[1]).

Ganz auf dieselbe Weise, obschon etwas langsamer wirkt chlorsaures Kali. Dasselbe muss somit von Preyer's Liste der in-

1) On some compounds etc. Quart. micr. Journ. Oct. 1870. p. 401.

differenten Salze gestrichen werden. Versetzte ich eine Blutlösung mit dem gleichen Volumen einer kalt gesättigten Solution von Kali chloricum und verdünnte zur Controle eine gleiche Portion derselben Blutlösung mit dem nämlichen Volum von destillirtem Wasser, so war bei der 14 Stunden hernach vorgenommenen Untersuchung die Controllösung unverändert, dagegen die mit Kali chloricum versetzte braungelb, neutral, und letztere zeigte ein „Methämoglobinspectrum" mit 4 Streifen, von denen I bei 17.49 lag und II so schwach war, dass wenig oder kein Oxyhämoglobin übrig sein konnte. Ein Tropfen Ammoniak machte die Flüssigkeit alsbald braunroth und rief das Spectrum $x + \alpha' + \beta'$ hervor, wonach durch einen Tropfen Schwefelammonium α' und β' zu deutlichen Oxyhämoglobinstreifen verstärkt wurden, die auf die gewöhnliche Manier zu Hämoglobin + einem geringen Zuschuss von reducirtem Hämatin reducirt wurden.

Auch mit andern oxydirenden Mitteln in alkalischer Lösung bekommt man dieses Peroxyhämoglobin-Spectrum: $x + \alpha' + \beta'$. So mit Nitriten, deren Einwirkung auf Blut von Gamgee[1]) beschrieben wurde, welcher zuerst das in Frage stehende Spectrum beschrieb und (in Philos. Transactions of the Roy. Soc. of London für 1868, p. 593) abbildete, wenn er es auch in einer andern Weise deutete. Das Blut bekommt nach Gamgee durch Nitrite eine „Chokoladefarbe". Die Oxyhämoglobinstreifen werden schwächer und schwächer, „ein neuer Absorptionsstreifen tritt auf, welcher ganz denselben Platz wie der Streifen des sauren Hämatin einnimmt. Wird nun die Lösung durch Zusatz von Ammoniak alkalisch gemacht, so kehrt die rothe Farbe wieder, gleichzeitig verschwindet der Absorptionsstreifen im Roth und die beiden Absorptionsstreifen zwischen D und E werden wieder deutlicher; ausserdem bemerkt man, dass das Spectrum auf der Grenze zwischen Gelb und Orange von einem nicht sehr gut begrenzten Absorptionsstreifen beschattet

1) Note on the action of nitric oxide, nitrous acid and nitrites on haemoglobine. Proc. Roy. Soc. Edinb. 1867. p. 108.

Researches on the blood. — On the action of nitrites on blood Philosophical Transactions of the Roy. Soc. of London f. 1868. p. 589. — Ein Auszug dieser Arbeit findet sich in Proc. Roy. Soc. Lond. f. 1868. p. 339.

wird. Wenn darauf eine Lösung von Schwefelammonium oder eine reducirende Eisenlösung zugesetzt wird, so tritt rasch eine unerwartete Veränderung ein: zuerst wird das ursprüngliche Blutspectrum wieder hergestellt, welches dann dem des reducirten Hämoglobin Platz macht.“ Die Uebereinstimmung mit obiger Beschreibung ist augenfällig. die Beschreibung selbst im Ganzen unzweifelhaft richtig. Bei Zusatz von salpetrigsaurem Kali bekam ich allerdings keine präcise „Chokoladefarbe“. vielmehr war die alkalisch reagirende Lösung braunroth; ein Absorptionsstreifen im Roth zeigte sich ungefähr an dem Platze des Methämoglobinstreifen, nach meinen Messungen bei 17.50 (17.70 — 17.30), die Oxyhämoglobinstreifen wurden schwächer. Ein allgemeiner Schleier war über den stärker gebrochenen Theil des Spectrum ausgebreitet und erstreckte sich bis 16.80 im Orange. Bei Zusatz von Ammoniak wurden α und β (α' und β') verstärkt, der Streifen 17.50 verschwand und an seine Stelle trat Streifen π in der Nähe von D bei ca. 16.70, es entstand das Peroxyhämoglobinspectrum $\pi + \alpha' + \beta'$; Reductionsmittel stellten, wie es Gamgee beschrieben hat, die Oxyhämoglobinstreifen wieder her und reducirten sie vollständig oder nahezu vollständig, wenn das salpetrigsaure Kali nur kurze Zeit eingewirkt hatte; im entgegengesetzten Falle trat keine oder sehr unvollständige Reduktion ein, α und β waren etwas näher nach D gerückt, α bis 15.98, β bis 14.54 (Mittelzahl aus 10 Messungen), und widerstanden, wie gesagt, den kräftigsten Reduktionsmitteln, — es hatte sich somit nach meiner Ansicht Stickoxydhämoglobin gebildet. Setzte ich vor dem salpetrigsauren Kali Ammoniak zu, so erhielt ich sofort das Peroxyhämoglobinspectrum, keinen Streifen im Roth. Wenn Hoppe-Seyler in einem Referate von Gamgee's Arbeit sagt, er habe bei Behandlung von Blut mit salpetrigsauren Salzen nur Hämatin bekommen, so habe ich zu bemerken, dass dies bei meinen zahlreichen Experimenten mit salpetrigsaurem Kali kein einziges Mal vorgekommen ist. Hinsichtlich des ersten Streifen im Orange, 17.50, schien es mir anfangs nicht unbedenklich, denselben mit Streifen I des Methämoglobin zu identificiren, wie dies Sorby [2])

1) Virchow's und Hirsch's Jahresbericht f. 1868. Bd. I. p. 89.

2) Quart. micr. Journal. 1870. p. 400.

und Lankaster[1]) thun, weil ich nicht die andern Methämoglobinstreifen oder richtiger den Streifen IV, da II und III sich ja unter dem übrig gebliebenen Hämoglobin nicht besonders geltend machen konnten, wahrnahm. Der in Rede stehende Streifen könnte möglicherweise darauf beruhen, dass in der nicht stark alkalischen Mischung eine Combination der Spectra des (sauer oder neutral reagirenden) Methämoglobin und des alkalischen Peroxyhämoglobin stattfand, in welchem Falle der stets schwer zu sehende Streifen IV von der allgemeinen Absorption des Blau, die dem alkalischen Peroxyhämoglobin angehört, vielleicht bedeckt würde. Wurde nämlich die Mischung mit Ammoniak stärker alkalisch gemacht, so trat, wie bemerkt, der Peroxyhämoglobinstreifen π auf und beim Uebergange sah man beide Streifen im Orange neben einander. Diese Vermuthung wurde auch bei Anwendung von Amylnitrit bestätigt. Diese Substanz wirkt auf Blutlösungen sehr kräftig. Ein Tropfen Amylnitrit auf 20 ccm. Blutlösung genügte, um in wenigen Augenblicken unter Auftritt von Gasentwicklung die durch andere oxydirende Mittel hervortretenden Veränderungen hervorzurufen. nämlich: braungelbe Farbe, vollständiges Methämoglobinspectrum (die Lösung reagirte weder sauer noch alkalisch), auch der Streifen zwischen b und F, IV, war sichtbar[2]), Streifen I bei 17.49, II sehr schwach; vollkommen so wie Gamgee es beschreibt und in Uebereinstimmung mit den Angaben über andere Oxydationsmittel, rief ein Tropfen Ammoniak Rothfärbung der Mischung und das Spectrum $\pi + \alpha' + \beta'$, das Spectrum des alkalischen Peroxyhämoglobin, hervor; ein Tropfen Schwefelammonium nahm π fort und verstärkte die beiden übrigen Streifen, aber selbst ein Ueberschuss des Reduktionsmittels reducirte sie nicht; sie wurden etwas näher nach D als die Oxyhämoglobinstreifen verschoben, wie genaue Vergleichung deutlich nachwies, Lage von α 16.40 — 15.55, β 15.09 — 14.04. Die Lösung hatte eine orangerothe Farbe und die stärker gebrochene Spektralseite war mehr beschattet als in Blutlösungen von derselben Concentration (Stickoxydhämoglobin).

1) Quart micr. Journal 1870. p. 405.

2) Gamgee beobachtete im Absorptionsspectrum des „Nitrithämoglobin“ Streifen IV nicht, wohl aber später E. R. Lankaster (a. a. O. p. 405).

Setzte ich zuerst Ammoniak zum Blute und hierauf sehr geringe Mengen Amylnitrit, so bekam ich sofort das Spectrum $\pi + \alpha' + \beta'$, ganz so, wie es für andere Oxydationsmittel oben angegeben ist. Nahm ich hingegen mehr Amylnitrit, so wurde die Lösung fast sofort grünbraun und es stellten sich andere Veränderungen ein, welche ich hier nicht weiter verfolgen will; hiezu genügten wenige Tropfen auf die angegebene Blutmenge. Für mich ist es somit unzweifelhaft, dass Sorby Recht hat, wenn er (Quart. micr. Journ. 1870) sagt, dass Nitrite hier wie Oxydationsmittel wirken. Gamgee nahm eine Verbindung der salpetrigen Säure mit dem Hämoglobin an, — in einer ersten Mittheilung hielt er die Wirkung der Nitrite für einen Reduktionsprozess[1]). Gamgee's Versuche (a. a. O.) bewiesen auch, dass eine geringere Menge Sauerstoff aus Nitritblut als aus gewöhnlichem Blute ausgepumpt werden kann, somit analog was nach Säurezusatz zu Blut geschieht.

Bei Zusatz von Liquor acidi hypochlorosi zu Blut erhielt ich ebenfalls das Peroxyhämoglobinspectrum $\pi + \alpha' + \beta'$, aber dieser Zusatz musste äusserst vorsichtig und minimal geschehen, da sonst andere Veränderungen eintreten.

Somit tritt bei der Einwirkung sämmtlicher hier erwähnter Reagentien auf Blut oder Hämoglobin: nämlich schwacher Säuren oder saurer Salze, gewisser anderer Salze wie Ferricyankalium, diverser Oxydationsmittel, wie Kaliumpermanganat, Kaliumchlorat und Nitrite, wenn die untersuchten Lösungen schwach sauer oder neutral sind, ein 4streifiges Spectrum auf, welches mit dem des sauren Hämatin identisch ist, dagegen wenn die Lösung stark alkalisch ist, ein 3streifiges Spectrum, $\pi + \alpha' + \beta'$, π zwischen C und D nahe an D, die beiden andern auf dem Platze der Oxyhämoglobinstreifen, jedoch β' stärker als α'. Diese beiden Spectra gehören einem höheren Sauerstoffverbindungsgrade als das Oxyhämoglobin des arteriellen Blutes darstellt, einem Peroxyhämoglobin an. „Methämoglobin" ist nach dieser Deutung Peroxyhämoglobin in saurer oder neutraler Lösung; das Peroxyhämoglobin in alkalischer Lösung

1) Proc. Roy. Soc. Edinb. 1867. p. 112. Bekanntlich kann salpetrige Säure unter verschiedenen Verhältnissen bald als Oxydations- und bald als Reduktionsmittel wirken.

gibt das Spectrum $\pi + \alpha' + \beta'$[1]), welches, wie ich oben erwähnte, sowohl von Gamgee (Blut + Nitrite) als von Preyer (Blut + Kaliumpermanganat) gesehen und abgebildet, und von Sorby (Methämoglobin; Blut + Oxydationsmittel) 1870 erwähnt und in allen Stücken richtig gedeutet wurde. Ist diese Auffassung richtig, so muss man, wie man aus dem „Methämoglobinspectrum" I—IV das Spectrum $\pi + \alpha' + \beta'$ durch Ammoniak hervorrufen kann, aus diesem letzteren mit genauer Neutralisation das frühere Methämoglobinspectrum wieder herstellen können. Natürlicherweise muss die Neutralisation eine sehr exakte sein, da ja der geringste Säureüberschuss an sich auf alle Fälle das 4streifige Spectrum hervorrufen würde. So fand es auch Gamgee für sein „Nitrithämoglobin"[2]). Er bereitete sich genau titrirte Lösungen von Ammoniak und von Phosphorsäure, von denen gleiche Theile vollkommen neutral auf Lakmuspapier reagirten, und wandte so zuerst Ammoniak, darauf Phosphorsäure bis genau zum Neutralisationspunkte an, dann wieder Ammoniak u. s. w. „By repeated observation I found that if care were taken to measure out exactly the same volume of the dilute acid and ammoniac, the change from one spectrum to the other might be almost indefinitely repeated."

In diese Auffassung des Methämoglobin habe ich mich allerdings selbständig hineingearbeitet, aber sie ist, wie ich bereits hervorgehoben habe, nicht neu, sondern wurde 1870 von Sorby in der oben citirten kurzen Notiz im Quart. micr. Journ., welcher meines Wissens bisher keine detaillirte Darstellung gefolgt ist, formulirt. „This and other facts lead me to conclude," sagt Sorby, „that it is a sort of peroxidized haemoglobin containing more oxygen than is taken up by the deoxidized modification discovered by Stokes, when oxidized by exposure to air; but still this extra amount of oxygen combines whit the haemoglobin without its mole-

---

1) Auf die Frage, ob in diesem Spectrum die Streifen zwischen D und E wirklich dem Peroxyhämoglobin als solchem angehören oder Reste von Oxyhämoglobin repräsentiren, welches in diesem Falle ersterem beigemischt wäre, komme ich weiter unten zurück, wenn ich eine bessere Basis zur Beantwortung dieser Frage gewonnen habe.

2) Philos. Transact. f. 1868. p. 597.

cular constitution being destroyed, for it may be easily reduced to the protoxidized or deoxidized states by weaker or stronger deoxidizing processes. The alkaline solution gives a very characteristic spectrum, distinguished from the simple oxidized haemoglobin by a narrow absorption-band in the orange." Sorby's Notiz handelt nur von dem durch spontane Zersetzung entstandenen „Methämoglobin" und von Gamgee's „Nitrithämoglobin", deren Identität auch von E. Ray-Lankaster[1]) und Preyer[2]) erkannt wurde; Sorby's Notiz berührt dagegen nicht die von mir oben geschilderten Erscheinungen bei Einwirkung von Säuren oder Ferricyankalium auf Hämoglobin. In einer späteren Mittheilung[3]) bemerkt Sorby jedoch im Vorbeigehen, dass bei Einwirkung von Citronensäure auf Blutfarbstoff neben Hämatin auch etwas Methämoglobin sich bilde. Preyer bemerkt beiläufig (a. a. O. p. 150), er habe dieselben Veränderungen des Spectrum, welche durch Nitrite hervorgerufen werden, auch mittelst verschiedener Säuren, selbst salpetriger Säure, entstehen sehen; er hat jedoch die Sache nicht weiter verfolgt, sondern überlässt dieses ganze Kapitel späteren Untersuchungen. Preyer ist nach meiner Meinung der Wahrheit besonders nah, wenn er bei Besprechung der Einwirkung des übermangansauren Kali (a. a. O. p. 101) die Reihenfolge der Oxydationen folgendermassen bestimmt: 1. Oxyhämoglobin, 2. Methämoglobin, 3. (wenn Alkali hinzukommt), „der Körper, welcher das Spectrum Tafel II, Fig. 8 gibt" — d. h. das alkalische Peroxyhämoglobinspectrum $\pi + \alpha' + \beta'$, 4. Oxyhämatin, — nur dass nach der eben gemachten Darstellung 2 und 3 nicht verschiedene Stufen einer Reihe sind, sondern zusammengehören; das Resultat von Preyer's Reduktionsversuchen hat indess den wirklichen Zusammenhang der Sache für diesen Autor in Dunkel gehüllt. Preyer opponirt übrigens gegen die Identificirung des Methämoglobin mit Hämatin.

1) Note on methaemoglobin. Quart. micr. Journ. Oct. 1870. p. 402.

2) Blutkrystalle. p. 149.

3) On some improvements in the spectrum method of detecting blood. Monthly microscopical Journ. Vol. VI. p. 10. 1871.

Hoppe-Seyler, welcher 1865 den Namen Methämoglobin[1]) dem bei spontaner Zersetzung von Hämoglobin entstehenden, in Wasser und verdünnten Säuren löslichen, optisch mit Hämatin übereinstimmenden Körper gab, „ohne damit über die Constitution dieses Körpers etwas Bestimmtes zu präsumiren," fasst später[2]) das Methämoglobin als ein Hämatin auf, welches nicht ausgeschieden werde, sondern in Verbindung mit Eiweisskörpern zu verbleiben scheine, und noch später[3]) bezeichnet er Methämoglobin als ein Zwischenprodukt der spontanen Umwandlung von Hämoglobin in Hämatin + Albuminat oder der Einwirkung von Ozon, ein Produkt, dessen Existenz noch etwas zweifelhaft sei.

Kühne betrachtet in seinem Lehrbuche der physiol. Chemie (p. 112) Methämoglobin als ein Gemenge von Hämatin, Hämoglobin und Albuminat in saurer Lösung. Munnich (a. a. O. p. 55) opponirt gegen die Annahme, dass Methämoglobin eine selbständige, vom Hämatin verschiedene Verbindung sei, obschon er selbst die Ueberführung in Hämoglobin „durch Stokes' Eisenoxydullösung + Schütteln mit Luft" gesehen hat.

Die Grenzen des Methämoglobin, des Peroxyhämoglobin in neutraler oder saurer Lösung, wie man es richtig nennen sollte, wenn man nicht statt dieser übermässig langen Bezeichnung aus Bequemlichkeitsrücksichten den Hoppe-Seyler'schen Namen Methämoglobin vorzieht, nach unten gegen das Hämoglobin zu, gehen aus dem Obigen hervor; dagegen sind die Grenzen nach oben, gegen das Hämatin zu, weit schwerer zu ziehen. Bei Einwirkung von Säuren auf Blut- oder Hämoglobinlösungen bildet sich bei schwacher Einwirkung, wie aus meinen früheren Mittheilungen erhellt, Methämoglobin (Peroxyhämoglobin), bei stärkerer Einwirkung Hämatin. Wo liegt die Grenze zwischen beiden? In welchem Verhältnisse stehen sie zu einander? Die Absorptionsspektren beider zeigen eine zu grosse Uebereinstimmung, als dass man nicht einen näheren Zusammenhang zwischen ihnen annehmen sollte. Ist, wie Preyer

1) Ueber die Zersetzungprodukte des Methämoglobins. Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1865. Nr. 5.

2) Med.-chem. Unters. IV. p. 547. 1871.

3) Handb. der physiol.-chem. Analyse. 4. Aufl. 1875. p. 255.

will, die verschiedene Lage von Streifen I, mehr nach dem Roth zu für Hämatin, ein charakteristischer Unterschied? Schwerlich, nach demjenigen, was ich oben über die wechselnde Lage dieses Streifen bei unzweifelhaftem Hämatin, über den Unterschied z. B. zwischen den sauren alkoholischen und ätherischen Lösungen mitgetheilt habe! Aber wenn man die Lösungen alkalisch macht, so bekommt man aus dem gebildeten Peroxyhämoglobin ein Spectrum $\alpha + \alpha' + \beta'$ und aus Hämatin ein anderes, das des Oxyhämatinalkali, und lässt man nun Reduktion folgen, so bekommt man aus dem ersten Oxyhämoglobin und später reducirtes Hämoglobin, aus dem letzteren Stokes' reducirtes Hämatin. Dass bei dieser Wiederkehr des Hämoglobin irgendwie „Synthese" im Sinne von Munnich und Preyer stattfinden sollte, scheint mir aus mehreren Gründen, besonders wegen der von mir ermittelten Identität dieser Erscheinungen in Lösungen, welche keine Spur von saurer Reaktion zeigen, völlig unwahrscheinlich. — E. Ray-Lankaster (a. a. O. p. 405) nimmt an, dass sich, wenn mit Alkali und Reduktionsmitteln das Hämoglobin wieder komme, hier kein Hämatin, sondern nur Methämoglobin bilde, und er zieht die Grenze so, dass wenn durch Ammoniakzusatz zu dem von Säuren veränderten Blute eine Eiweissfällung verursacht werde, Hämatin gebildet sei, während umgekehrt, wo kein Präcipitat entstehe, Methämoglobin in Lösung sich befinde; indessen habe ich, wie oben erwähnt wurde, in Blutlösungen, selbst wenn ein ziemlich reichliches Präcipitat entstanden war und sich zu Boden gesetzt hatte oder abfiltrirt worden war, mit Alkali reducirbares Peroxyhämoglobin erhalten, so dass mir auch diese Begrenzung unsicher zu sein scheint.

Am wahrscheinlichsten, um nicht zu sagen sicher, scheint es mir, dass die fragliche Grenze wenigstens in der Hauptsache auf dem Verhalten der Eiweisskörper beruht, eine Sache, welche natürlich durch spectroskopische Untersuchung nicht zur Entscheidung gebracht werden kann. Dass Säuren und sonst nicht oxydirende Salze, wie Ferricyankalium und Ferrosulfat, ganz dieselben Veränderungen wie Oxydationsmittel[1]) hervorbringen, scheint mir nicht

1) Ich erinnere daran, dass ausser diesen Agentien auch Erwärmen nach

unwahrscheinlich auf einer solchen Veränderung dieser nämlichen Eiweissstoffe zu beruhen, dass Sauerstoff frei gemacht und in statu nascenti zu höherer Oxydation des Farbstoffs verwendet wird[1]).

Aus Blut oder Hämoglobin, welches mit Säuren behandelt wurde, entsteht auf die oben ausführlich erörterte Weise Hämoglobin wieder; wie verhält sich dies bei Behandlung von Blut oder Hämoglobin mit Alkali? Munnich und Preyer[2]) beschrieben gleichzeitig Erscheinungen, welche sie als eine Reconstruktion des Hämoglobin durch Alkali nach Zersetzung in Hämatin deuteten. Preyer setzte zu 1 Volum Oxyhämoglobinlösung, in welcher man in sehr dicker Schicht die beiden Absorptionsstreifen deutlich geschieden wahrnehmen konnte, d. h. ziemlich verdünnter Lösung, 1 Volum Ammoniaklösung von 0.925 spez. Gew. und 1 Volum gesättigtes Schwefelwasserstoffwasser hinzu. Die Mischung wurde nach einer Viertelstunde bei 9° C. bräunlich und zeigte, „die 3 von Nawrocki beschriebenen Streifen", d. h. den Sulfhämoglobinstreifen + α und β des reducirten Hämatin. Beim Schütteln mit Luft verschwanden alle 3 und die Oxyhämoglobinstreifen zeigten sich an ihrer Stelle; nach wenigen Minuten erschien aber wiederum der scharf begrenzte schmale Absorptionsstreifen — d. h. Htn-α und unmittelbar darauf der daneben belegene — Htn-β. Wenn man auf die von Preyer beschriebene Manier verfährt, so muss man nothwendig zu einem Gemenge von reducirtem Hämatin und reducirtem Hämoglobin gelangen, und dass Preyer wirklich ein solches erhielt, geht mit Sicherheit daraus hervor, dass er im Spectrum auch den Sulfhämoglobinstreifen, den unzertrennlichen Gefährten des reducirten Hämoglobin, wenn die Reduktion mittelst Schwefel-

---

Hoppe-Seyler (Ber. der deutschen chemischen Gesellsch. zu Berlin. 1870) Oxyhämoglobin in Methämoglobin überführt.

1) Wenn diese Vermuthung richtig ist, so möchte ich sie gern zur Erklärung dafür anwenden, woher der Sauerstoff kam, der bei Einwirkung von saurem Alkohol auf reducirtes Hämoglobin, somit bei Darstellung von Hoppe-Seyler's Hämochromogen in saurer Lösung, nöthig ist, um das dabei erhaltene Resultat, nämlich saure alkoholische Lösung des Hämatin, zu Stande zu bringen. Preyer vermuthet, dass hiebei Sauerstoff vom Weingeist abgegeben werden kann.

2) Ueber einige Eigenschaften des Hämoglobins und des Methämoglobins Arch. f. d. ges. Physiologie. Bd. I. 1868. p. 439.

alkali geschieht, bekam; ganz rein sind hier die Streifen des reducirten Hämatin noch nicht gewesen, sondern sicherlich war das Gelb leicht von reducirtem Hämoglobin beschattet; bei Schütteln mit Luft musste es nun auch ebenso nothwendig geschehen, dass der Sulfhämoglobinstreifen und ebenso die Streifen des reducirten Hämatin verschwanden, ohne von dem Streifen des Oxyhämatin ersetzt zu werden, indem das gebildete Oxyhämatin durch eine allgemeine Absorption der mehr gebrochenen Seite des Spectrum repräsentirt wurde. Nicht besonders starke Htn-α und Htn-β, wie sie Preyer erhalten musste und auch beschreibt, können, wenn der Farbstoff in Oxyhämatin verwandelt wird, unmöglich den Ursprung eines Streifen im Spectrum bilden; man kann so zu sagen die Hämatinstreifen fortschütteln, ein Umstand, dessen ich mich früher bediente, um ein Mischungsspectrum zu diagnosticiren[1]). Es mussten auch die Oxyhämoglobinstreifen auftreten, die bisweilen auch gar nicht so sehr schwach zu sein brauchten, obschon die Absorption des reducirten Hämoglobin sich im Spectrum so wenig bemerklich machte. Solche Mischungen von reducirtem Hämoglobin und Hämatin kann man sehr leicht erhalten und sich überzeugen, dass die Erscheinungen die beschriebenen sind; selbst stärkere Hämatinstreifen als die von Preyer beobachteten, können „fortgeschüttelt“ werden, aber sie kommen bei fortgesetzter Reduktion wieder, wie dies auch bei Preyer der Fall war. Ich kann es somit nicht als bewiesen ansehen, dass bei diesen Versuchen Preyer's reducirtes Hämatin beim Schütteln mit Luft in Hämoglobin überging. Verfährt man wie Munnich[2]) oder wie Preyer[3]) nach einer späteren Mittheilung, so nämlich, dass man die Blut- oder Hämoglobinlösung mit ganz wenig Ammoniak erwärmt, — „so wenig“, sagt Preyer, „dass gerade die Gerinnbarkeit der Lösung aufgehoben wird“ — und setzt darauf ein Reduktionsmittel (Preyer eine Spur von Schwefelammonium, Munnich alkalische Eisenoxydullösung) zu und schüttelt stark mit Luft, so kommen, wie diese Autoren angeben, die Oxyhämoglobinstreifen wieder und bei der nachfolgenden Reduktion

1) Die gerichtlich-medicinische Diagnose der Kohlenoxydvergiftung. p. 74.
2) A. a. O. p. 50.
3) Blutkrystalle. p. 138.

sieht man γ des reducirten Hämoglobin + die mehr oder weniger starken Streifen des reducirten Hämatin, d. h. es kommt Hämoglobin wieder, gemischt mit mehr oder weniger Hämatin. Aber Versuche haben mir gezeigt, dass bei diesem Erwärmen mit sehr wenig Ammoniak und bei vorsichtigem Erwärmen sich Peroxyhämoglobin und später Hämatin bildet, dass somit bei der Ueberführung des Hämoglobin in Hämatin durch Alkalien, ebensogut wie durch Säuren, Peroxyhämoglobin als Zwischenstadium eingeschoben ist. Erwärmte ich nämlich Blutlösung vorsichtig mit ganz wenig Ammoniak, so bekam ich eine braunrothe Lösung, welche sehr schön das alkalische Peroxyhämoglobinspectrum $\pi + \alpha' + \beta'$, β' stärker als α', gab, und bei Zusatz von Schwefelammonium fand in gewöhnlicher Art Reduktion statt, π verschwand und die beiden Streifen zwischen D und E wurden zu ganz deutlichen Oxyhämoglobinstreifen verstärkt; als die Reduktion weiter ging, schoss zuerst ein ziemlich schwaches Hämatin-α zwischen diesen Streifen an, wonach sich natürlich ein Mischungsspectrum von reducirtem Hämoglobin + Sulfhämoglobin + reducirtem Hämatin ausbildete; Schütteln mit Luft zeigte schöne, kräftige Oxyhämoglobinstreifen. Es hatte sich somit etwas Hämatin, jedoch in unbedeutender Menge, gebildet. Untersuchte ich später eine andere Portion der mit Ammoniak erwärmten Lösung, so war darin mehr Hämatin gebildet. ein Ansatz zu Oxyhämatinstreifen wurden neben den drei Streifen des alkalischen Peroxyhämoglobin sichtbar, und die Reduktion ging in gleicher Art weiter, nur war das reducirte Hämatin im Mischungsspectrum stärker repräsentirt. Mehrere Versuche gaben mir dasselbe Resultat, d. i. Peroxyhämoglobin und Oxyhämatin in wechselnden Mengen, und bei der Reduktion Hämoglobin mit Hämatin gemischt. — Das Schütteln mit Luft ist somit für die Wiederkehr des Hämoglobin keineswegs nothwendig, wie dies Preyer's und Munnich's Annahme war. Inwieweit nicht allein aus Peroxyhämoglobin, sondern auch aus ganz frisch gebildetem Hämatin durch Reduktion etwas Hämoglobin reproducirt werden kann, will ich dahin gestellt sein lassen; meine Versuche haben mir wenigstens keinen Beweis dafür geliefert. Eine „Synthese" oder „Reconstruktion" von Hämoglobin aus reducirtem Hämatin

durch Schütteln mit Luft (Preyer, Munnich, Heinzius) dürfte somit als widerlegt gelten[1]).

Noch in einem andern Falle glaubt Munnich Reconstruktion des Hämoglobin aus Hämatin beobachtet zu haben, nämlich wenn der Blutfarbstoff mit Kohlensäure so zersetzt wurde, dass keine Spur von Oxyhämoglobinstreifen zu sehen war (a. a. O. p. 46). Aber die Wirkung eines Kohlensäurestromes ist bekanntlich eine doppelte; theils veranlasst derselbe durch Dissociation das Verschwinden des Sauerstoffs, theils bewirkt die Kohlensäure Zersetzung des Blutfarbstoffs in derselben Weise wie alle andern Säuren, und das Produkt der Durchleitung dieses Gases ist somit, wenigstens gewöhnlich, eine Mischung von reducirtem Hämoglobin mit Peroxyhämoglobin (Methämoglobin) oder Oxyhämatin, in wechselnden Mengen (vgl. z. B. Munnich's Arbeit!). Es kommt mir deshalb wahrscheinlich vor, dass in Munnich's mit Kohlensäure behandelten Lösungen sich ein geringer Rest von reducirtem Hämoglobin befand, der im Spectrum wenig oder gar nicht merkbar war, aber bei Sauerstoffzutritt wohl erkennbare Oxyhämoglobinstreifen lieferte. Ein solcher Verdünnungsgrad des Hämoglobin ist mindestens nicht schwer zu finden.

Ich will ferner die Aufmerksamkeit darauf lenken, dass es scheint, als ob der Blutfarbstoff, wenn er aus der höheren Sauerstoffverbindungsstufe durch Reduktionsmittel in gewöhnliches Hämoglobin übergeht, statt dessen andere in Lösung befindliche Gase, z. B. Kohlenoxyd, aufnimmt. Ich habe bereits die Beobachtungen erwähnt, auf Grundlage deren ich annahm, dass in dem mit Nitriten behandelten Blute der Farbstoff nach der Reduktion sich als Stickoxydhämoglobin vorfindet. Was das Kohlenoxyd anlangt, so er-

1) Durch ein Missverständniss von Kühne (physiol Chemie p. 211) ist Stokes als Urheber der fraglichen Anschauung hingestellt, ohne dass sich davon eine Andeutung in seiner Arbeit: On the reduction and oxydation of the colouring matter of blood findet. Das Einzige, was ich von Stokes in dieser Beziehung gesehen habe, ist eine Angabe von Heinzius in seiner oben citirten Nachschrift zu Munnich's Aufsatze, über eine mündliche Aeusserung von Stokes, wonach derselbe ebenfalls analoge Erscheinungen der Wiederkehr („Reconstruktion") des Hämoglobin beobachtet habe.

wähnte ich in meiner früheren Arbeit[1]), dass wenn Kohlenoxydblut mit Ferricyankalium behandelt wird und dadurch das gewöhnliche Methämoglobinspectrum hervortritt, nach Zusatz von Schwefelammonium das Hämoglobin in seiner ursprünglichen Form, d. h. als Kohlenoxydhämoglobin oder als eine Mischung von Kohlenoxydhämoglobin mit Oxyhämoglobin wiederkehrt. „Man bekommt nach Zusatz von Ferricyankalium dieselbe grünbraune Flüssigkeit mit den nämlichen vier Absorptionsstreifen. Nach Zusatz von Schwefelammonium treten sofort die ursprünglichen Streifen wieder auf, und wenn das Hämoglobin nicht mit Kohlenoxyd gesättigt war, kommt es, wie gewöhnlich, zu partieller Reduktion.“ — Eine Blutlösung, die durch gründliche Durchleitung im Kugelrohre mit reinem Kohlenoxyd gegesättigt war, wurde mit verdünnter Weinsäurelösung bis zu stark saurer Reaktion versetzt, wonach sie eine gelbe Farbe annahm und vollständig das Spectrum des sauren Hämatin mit dem Streifen I bei 17.83 zeigte; nachdem darauf Ammoniak bis zur alkalischen Reaktion hinzugefügt war, wurde die Lösung, wie gewöhnlich, roth und gab das Spectrum des alkalischen Peroxyhämoglobin $\alpha + \alpha' + \beta'$, α' bei 16.18 — 15.52, β' bei 14.92 — 13.96; eine Vergleichung mit gewöhnlichem, nicht kohlenoxydhaltigem Blute zur Controle gab ganz dasselbe Resultat, wobei die Messung in diesem Peroxyhämoglobinspectrum α' = 16.17 — 15.54, β' = 14.94 — 13.98 ergab, d. h. α' und β' hatten in beiden Fällen (im Kohlenoxydblute und im gewöhnlichen Blute) ganz dieselbe Lage, ein Umstand, welchen ich aus bald zu erörternden Gründen betone. Bei Zusatz einer Stokes'schen Eisenoxydullösung, welche fast augenblicklich das Oxyhämoglobin im gewöhnlichen Blute reducirte, wurde auch in dem zur Controle verwendeten Blute das Peroxyhämoglobinspectrum fast momentan durch die Streifen des reducirten Hämoglobin ersetzt; aber im Kohlenoxydblute kehrten die ursprünglichen Kohlenoxydhämoglobinstreifen wieder und es trat somit, wenn ich mich so ausdrücken darf, eine Verschiebung von α' und β' zu dem Platze der Kohlenoxyd-Hämoglobinstreifen ein, also weiter von D ab, nach E zu, — eine so bedeutende Verschiebung, dass das auf die Mitte

1) Die gerichtlich-medicinische Diagnose der Kohlenoxydvergiftung. p. 93.

von α' eingestellte Haarkreuz nach Anwendung des Reduktionsmittels nahezu am Rande von (Kohlenoxydhämoglobin-)α lag, somit ganz unzweifelhaft, — und nun wurden diese Streifen nicht weiter reducirt, trotzdem ein bedeutender Ueberschuss der stark reducirenden Eisenoxydullösung in Anwendung kam. Es war somit ganz unzweideutig Kohlenoxydhämoglobin wiedergekehrt. — Eine Blutlösung, nicht kohlenoxydhaltig, nahm bei Versetzung mit verdünnter Weinsäure bis zur stark sauren Reaktion braungelbe Farbe an und gab das Spectrum des sauren Hämatin. Hierauf wurde in einem Kugelrohre reines Kohlenoxyd durchgeleitet, ohne dass mit blossem Auge oder spectroskopisch eine Veränderung nachweisbar war. Auf Zusatz von Ammoniak nahm die Flüssigkeit eine mehr rothe Farbe an und zeigte das Spectrum $\pi + \alpha' + \beta'$, α' ganz auf derselben Stelle wie im gewöhnlichen Blute ohne Kohlenoxyddurchleitung. Es wurde nun das Haarkreuz genau auf die Mitte des α' eingestellt, und als hienach ein bedeutender Ueberschuss von einer kräftig reducirenden Eisenoxydullösung zugesetzt war, zeigten sich alsbald kräftige Kohlenoxyd-Hämoglobinstreifen im Spectrum und das Haarkreuz lag nun nahe an dem am wenigsten gebrochenen Rande nach D zu. Weitere Reduktion trat nicht ein, trotzdem dass längere Zeit fortgesetzt beobachtet wurde. Die Lösung hatte ganz und gar die Farbe des Kohlenoxydhämoglobin.

Dasselbe Resultat gaben mir Untersuchungen mit verdünnter Oxalsäure.

Eine Lösung von Kohlenoxydblut wurde vorsichtig mit einer sehr verdünnten Lösung von Kaliumpermanganat versetzt. Die braungelbe, neutral reagirende Lösung zeigte das Methämoglobinspectrum mit der Mitte des ersten Streifen bei 17.49. Mit Ammoniak wurde die Flüssigkeit gelbroth und zeigte das Spectrum $\pi + \alpha' + \beta'$, α' und β' ganz auf derselben Stelle, wie im vorhergehenden Versuche. (Mitte von $\alpha' =$ ungefähr 15.85; bei Einstellung des Haarkreuzes auf 15.72, der Stelle für die Mitte von Kohlenoxydhämoglobin-α, fällt das Haarkreuz in die Nähe des stärker gebrochenen Randes von α'). Nach Einstellung des Haarkreuzes auf die Mitte von α' und darauf folgendem Zusatz von Schwefelammonium kehrten starke Hämoglobinstreifen an dem Platze der Kohlen-

oxyd-Hämoglobinstreifen wieder, so dass das Haarkreuz nun nahe an den Rand von α fiel, und weitere Reduktion trat nicht ein.

Amylnitrit wirkte gleich heftig oxydirend auf Kohlenoxydblut wie auf gewöhnliches Blut; aber was ich nach der Reduktion von Hämoglobin wieder erhielt, war, nach der bedeutend näheren Lage der Streifen bei D, Stickoxydhämoglobin. Salpetrigsaures Kali wirkte auf Kohlenoxydblut weit langsamer als auf gewöhnliches Blut ein, woher wahrscheinlich die Angabe von Gamgee (Philos. Transact. f. 1868. p. 611) rührt: that „nitrites appear to have no power of acting upon CO-blood“.

Ich komme noch einmal auf das alkalische Peroxyhämoglobinspectrum $\pi + \alpha' + \beta'$ zurück. Wenn man zu Blut nach Behandlung mit Säuren Ammoniak hinzugesetzt, so wird die Flüssigkeit roth und zeigt, ausser dem Streifen π, α' und β' zwischen D und E auf oder mindestens unmittelbar in der Nähe von dem Platze der Oxyhämoglobinstreifen. Man denkt deshalb wohl unwillkürlich in erster Linie daran, dass ein Theil des Oxyhämoglobin bei Ammoniakzusatz wiederkehre, wenn man sich dies auch schwer zu erklären vermag. Es würde somit das Spectrum $\pi + \alpha' + \beta'$ ein Mischungsspectrum sein, von welchem die beiden Streifen zwischen D und E dem Oxyhämoglobin angehörten. Dies scheint mir jedoch aus folgenden, theilweise schon oben angeführten Gründen nicht der Fall zu sein. Ich habe die Lage von α' häufig ganz genau zu 15.85 bestimmt, während die Mitte von Oxyhämoglobin-α bei 15.91 liegt. Diese Abweichung ist jedoch zu klein, als dass ich es wagen könnte, darauf ihre Differenz zu begründen. — Streifen π auf der einen Seite und $\alpha' + \beta'$ auf der andern stimmen, soweit ich gesehen habe, in ihrer Stärke stets genau zu einander; in einem Mischungsspectrum müsste mit der relativen Menge der beiden Ingredientien auch die Stärke ihrer Absorptionsstreifen im Verhältniss zu einander variiren. — Der Streifen β' ist, wie ich oben hervorhob, stets stärker als α', während bei den Oxyhämoglobinstreifen gerade das Umgekehrte der Fall ist. — Entscheidend scheint mir das eben betonte Verhalten des Kohlenoxydbluts. Wenn die Streifen zwischen D und E dem Hämoglobin angehörten, so müssten sie im Kohlenoxydblut

wohl Kohlenoxydhämoglobin sein, welches durch Zusatz von Ammoniak zu dem mit Säure behandelten Kohlenoxydblut wiederkehrt, und müssten die Streifen α' und β' hier auf dem Platze der Kohlenoxyd-Hämoglobinstreifen liegen. Dem ist jedoch nicht so, sie liegen genau auf derselben Stelle wie im Spectrum $\pi + \alpha' + \beta'$ aus gewöhnlichem Blute, und bei Reduktion und bei dem im Zusammenhang damit erfolgenden Auftreten von Kohlenoxydhämoglobin findet, wie ich es oben beschrieb, eine unzweideutige Verschiebung der Absorptionsstreifen nach E zu, statt. Aus diesen Thatsachen ziehe ich den Schluss, dass das Spectrum $\pi + \alpha' + \beta'$ kein Mischungsspectrum ist, sondern als 3streifiges Spectrum dem Peroxyhämoglobin in alkalischer Lösung angehört.

Ich kehre nun zu der sauren ätherischen Hämatinlösung zurück, um etwas mehr im Detail eine oben im Vorbeigehen gemachte Angabe auszuführen, dass man nämlich aus dieser bei langsamer Verdunstung den Farbstoff in recht schönen Krystallen erhält. Ich habe auf diese Weise Krystalle aus Hämatin mittelst Salzsäure, Schwefelsäure, Oxalsäure, Citronensäure, Weinsäure und Aepfelsäure dargestellt und vermuthe, dass sie sich mit vielen andern Säuren anfertigen lassen. Einige von diesen Krystallen sind auf Tafel II abgebildet. Man braucht nur den Aether in einer gewöhnlichen, am besten engen Proberöhre verdunsten zu lassen, so setzen sich bei einer gewissen Concentration gleichsam Zonen von krystallisirtem Farbstoff an den Wänden der Röhren ab, wo man sie leicht mit dem Mikroskope aufsuchen kann; man findet in einigen Zonen grössere, in andern kleinere Krystalle, im Beginn und am Schlusse der Verdunstung setzt sich der Farbstoff amorph ab. Man löst darauf die Säure, welche sich aus dem sauren Aether abgesetzt hat, in Wasser und reinigt auf diese Weise die Krystalle durch wiederholtes Auswaschen, was sich leicht ausführen lässt, da sie vollkommen unlöslich in Wasser und verdünnten Säuren sind und im Allgemeinen stark an den Wandungen der Röhre anhaften. Ich erhielt in dieser Art rhombische Tafeln und Prismen, am häufigsten schöne spindelförmige Tafeln mit feinen Spitzen oder auch stumpferen, oft gespaltenen Enden; die am schönsten ausgebildeten Krystalle erhielt ich mit Oxalsäure, welche mir am häufigsten

spindelförmige Krystalle lieferte, aber auch solche schön ausgebildete Tafeln, wie sie Fig. 3 und 4 auf Tafel II darstellen. Wie die Abbildungen zeigen, waren diese Tafeln fast rektangulär oder quadratisch, bisweilen aber rhombisch; an den am besten ausgebildeten quadratischen Tafeln waren zwei gegenüberstehende Ecken regelmässig abgestumpft. Fig. 4 ist mit grösster Genauigkeit unter Benutzung der Camera clara gezeichnet. Der Farbe nach sind diese Krystalle braungelb oder braun, von verschiedener Intensität, ganz der Dicke entsprechend; die mit Pflanzensäuren dargestellten sind im Allgemeinen sehr dünn und äusserst spröde, so dass bei dem Versuche, dieselben von den Wandungen abzulösen, die allermeisten in Stücke springen. Die spindelförmigen Krystalle kommen oft isolirt vor, aber auch nach allen Richtungen hin gekreuzt zu mehreren oder auch in schönen Rosetten oder Sternen; von den grossen Tafeln sieht man oft mehrere gleichsam aufeinander gelegt. Die Grösse der Krystalle ist sehr verschieden; jede Seite der in Fig. 4 abgebildeten Tafel mass fast genau 0.06 mm., einer der grössten spindelförmigen Krystalle, welchen ich mass, hatte die Länge von 0.19 mm., und von diesen grossen sieht man alle möglichen Uebergänge bis zu den kleinsten, äusserst feinen Nadeln.

Der erste Anblick spricht sofort dafür, dass dieselben den Häminkrystallen sehr nahe stehen, und aus Allem, was ich bisher von diesen gesehen habe, sind sie ohne Zweifel ganz dasselbe.

Diese Krystalle zeigen die nämlichen optischen Eigenschaften wie Häminkrystalle. Sie sind doppelbrechend und betrachtet man sie unter dem Mikroskope mittelst eines eingeschobenen Nicol'schen Prisma, so zeigen sie alle nach Stellung der Vibrationsebene des Prisma zu den Krystallen verschiedene Farbennuancen. Ist besagte Ebene parallel mit der Längsrichtung der spindelförmigen Krystalle oder mit der Diagonale, welche die scharfen, nicht abgestutzten Ecken der grossen Tafeln (Fig. 4) verbindet, so sind dünnere Krystalle rothbraun, dickere fast schwarz; dreht man das Prisma oder den Krystall um 90°, so dass die Vibrationsebene des Prisma die Längsrichtung des spindelförmigen Krystalls kreuzt oder mit der Diagonale zusammenfällt, welche die abgestutzten Ecken der Tafel verbindet, so erscheinen dünne Krystalle blassgelb,

dickere orangegelb. Die Längsrichtung der spindelförmigen Krystalle und die Diagonale, welche die scharfen Ecken der Krystalltafeln verbindet, entsprechen somit der Makrodiagonale in den gewöhnlichen Häminkrystallen, und die Erscheinungen harmoniren mit den von Rollett für die rhombischen Tafeln des Hämin beschriebenen[1]).

Suchte ich mit den mir zu Gebote stehenden Mitteln, nämlich mit einem gewöhnlichen Polarisationsmikroskop + Gypsblättchen, näher die Beschaffenheit der Doppelbrechung zu bestimmen, so erhielt ich Folgendes:

Zwischen zwei gekreuzten Nicol'schen Prismen erscheinen die spindelförmigen Krystalle im Azimuth 0° oder 90° nicht gefärbt, aber im Azimuth ± 45° geben sie eine schöne Interferenzfarbe; sie sind im Allgemeinen gleichmässig gelb, klar und stark glänzend, die dicksten Krystalle orangegelb; ein Theil mit stumpfen und gespaltenen Enden ist an den letzteren ausserordentlich dünn, und diese äusserst dünnen Enden sind im Azimuth ± 45° hellblau, d. h. bei zunehmender Dicke der doppelbrechenden Scheibe steigt die Farbe der Newton'schen Kreise vom klaren Hellblau zum glänzenden Gelb. Bei + oder — 45° d. h. entweder in der Längsrichtung oder Querrichtung des Krystalls habe ich somit die Sectio principalis (die Ebene, welche von dem Strahl und der optischen Axe resp. Axen bestimmt wird[2]). Durch Neigung des Präparats liess ich nun die spindelförmigen Krystalle um ihre Längsaxe rollen und sah, beim Azimuth + 45° betrachtet, die Krystalle bei der Drehung ihre Farbe zuerst von Orangegelb in Orangeroth, dann in Rothviolett ändern, bis sie beim Stehen auf der Kante nur noch als ein schwarzer, schmaler Streifen erschienen. Bei Drehung um die Längsaxe der Krystalle steigt somit die Farbe in der Reihe der Newton'schen Farbenkreise, der Hauptschnitt verläuft somit in dieser Richtung. Wenn dies richtig war, so liess sich die positive oder negative Beschaffenheit der Doppelbrechung der Krystalle

1) Ueber den Pleochroismus der Häminkrystalle. Wien. med. Wochenschr. 1862. Nr. 29. p. 449.

2) Valentin, Unters. der Pflanzen- und Thiergewebe im polarisirten Lichte. p. 149.

leicht constatiren. Schob ich nämlich ein Gypsplättchen ein, welches zwischen den gekreuzten Polarisationsebenen eine Interferenzfarbe: Roth von der ersten Ordnung gab und richtete dieses mit der Axenebene im Azimuth $\pm$ 45°, so zeigten die dünneren Krystalle bei Parallelismus zwischen der Längsrichtung der Krystalle, somit des Hauptschnitts, und der Axenebene der Gypsplatte eine klare, glänzende, blaue Farbe. Wenn der Hauptschnitt des Krystalles parallel mit der Axenebene des Gypsblättchens ist, so steigt die Farbe (in der Reihe der Newton'schen Farbenkreise) zu Blau, winkelrecht gegen besagte Ebene sinkt sie auf Gelb, d. h. der Krystall wirkt bei Parallelismus seines Hauptschnitts mit der Gypsplatte wie eine Verdickung der letzteren, seine Doppelbrechung ist somit von derselben Art wie die des Gypses, sie ist wie diese positiv[1]). Die dicksten spindelförmigen Krystalle zeigten auf der platten Seite liegend, zwischen gekreuzten Nicol'schen Prismen im Azimuth $\pm$ 45°, parallel mit oder perpendikulär auf die Axenebene der Gypsplatte gestellt, keine blaue oder gelbe Farbe wie die dünnen Krystalle, sondern in beiden Fällen eine grüne Farbe, im ersten Falle Blaugrün, im zweiten Gelbgrün; ganz dasselbe gilt von den tafelförmigen Krystallen, bei denen, wie oben, die die scharfen Ecken verbindende Linie der Längsrichtung der spindelförmigen Krystalle entspricht. Ich nehme somit an, dass auch hier in der Richtung zwischen den scharfen Ecken der Hauptschnitt liegt; eine Drehung dieser Tafel um ihre horizontale Axe konnte ich mittelst der mir zu Gebote stehenden Instrumente nicht ausführen.

Es ist offenbar, dass diese Krystalle die nämlichen sind, welche Preyer[2]) bei demselben Verfahren mit Blut: Schütteln mit Oxalsäure + Aether und Abdampfen des sauren Aethers erhielt, Hämatoïnkrystalle nannte und als eisenfrei bezeichnete, letzteres aus Gründen, welche ich oben widerlegt zu haben glaube.

Es scheint mir auch klar zu sein, dass die fraglichen Krystalle identisch sind mit Lehmann's[3]) „Hämatinkrystallen, dargestellt

---

1) Vgl. Valentin a. a. O. p. 149.

2) Neue Blutkrystalle. Centralbl. f. d. med. Wissenschaften 1871, p. 51, sowie Blutkrystalle p. 184 und Tafel III, Figg. 3 und 4.

3) Handbuch der physiologischen Chemie. 2. Aufl. p. 159 und 160.

aus frischem Blut oder grösseren nicht mehr als 2—3 Tage alten Blutflecken" durch essigsäure- oder oxalsäurehaltigen Alkohol und Aether (1 Th. Alkohol, 4 Th. Aether, $^1/_{16}$ Th. Oxalsäure), und Preyer's Vermuthnng, Lehmann habe als Hämatinkrystalle pigmentirte Fettkrystalle, Kalkoxalat, Oxalsäurehydrat und Alkalioxalat abgebildet, ist ohne Zweifel ungerecht. Im Gegentheil stimmt Lehmann's Beschreibung und Abbildung recht wohl zu den von mir gesehenen und theilweise hier abgebildeten Krystallen: „Diese langen, den Blättern einer Liliacee gleichenden Krystalle sind äusserst dünn, bräunlich und bräunlichgrün durchscheinend, meistens isolirt, doch auch in Gruppen", wie dies Lehmann vollständig übereinstimmend mit meinen Beobachtungen abbildet; doch habe ich niemals die spindelförmigen Krystalle in der von Lehmann beschriebenen und abgebildeten Weise um ihre Längsaxe gedreht gefunden. Lehmann erhielt mitunter quadratische oder rhombische, dicke, schwarze Tafeln, „die jedoch bei näherer Untersuchung sich als niedrige rhombische Oktaëder erwiesen"; ich sehe es somit als höchst wahrscheinlich an, dass Lehmann Tafeln erhielt, welche den von mir hier abgebildeten glichen, aber die Behauptung, dass dieselben Oktaëder seien, halte ich für irrthümlich; der ebene Bau der Tafeln ist an den von mir erhaltenen grossen, braunen, durchscheinenden (nicht schwarzen) Krystallen leicht mit vollkommener Sicherheit zu beobachten. Lehmann hat wahrscheinlich sehr dicke, wie es oft der Fall ist, aufeinander liegende Tafeln erhalten, — sie waren ja „schwarz" — und auf der Oberfläche dieser Gruppen Contouren von ganzen oder in Stücken zersprungenen Krystallen wahrgenommen, welche er unrichtig deutete und so abbildete, dass man mit einigem Grunde eine Verwechslung mit Kalkoxalat vermuthen könnte, — eine Verwechslung, welche jedoch mir kaum selbst für den unerfahrensten Anfänger möglich zu sein scheint. Hoppe-Seyler's Angabe (med.-chem. Unters. Bd. II. p. 179), dass Lehmann's Methode darauf ausging „durch Oxalsäure, Alkohol und Aether das Hämatokrystallin, an Oxalsäure gebunden, farblos zu erhalten", ist ein Irrthum; sie ging im Gegentheil darauf aus, den Farbstoff, „Hämatin", in krystallinischer Form, isolirt vom „Hämatokrystallin",

welches nach Lehmann's Auffassung farblos, eiweissartig und krystallisirbar sein sollte, zu bekommen.

Chemisch verhalten sich die von mir dargestellten Krystalle, soweit ich bisher gesehen habe, wie das Hämatin, aus welchem ich sie erhielt. Wie letzteres sind sie vollkommen in Wasser und verdünnten Säuren unlöslich, in Eisessig lösen sie sich dagegen recht leicht zu einer braunen Solution, welche das Spectrum des „sauren Hämatin" gibt; in kalter concentrirter Salzsäure sind sie unlöslich. Ziemlich leicht werden sie von schwefelsäurehaltigem Alkohol gelöst, die Flüssigkeit zeigt das nämliche Spectrum wie Hämatin in demselben Lösungsmittel; ebenso in concentrirter Schwefelsäure mit dem Spectrum des Hämatoporphyrin (Tafel I, Fig. 9). Aeusserst leicht lösen sie sich in ammoniakalischem Wasser zu einer Solution, welche in allen Stücken der Lösung des Oxyhämatinalkali gleicht. Für die weitere Untersuchung ergibt sich jedoch eine Schwierigkeit. Ich habe oben erwähnt, dass ausser den Krystallen sich an den Wänden der Röhre sich aus der vollkommen klaren sauren Aetherschicht beim Verdunsten auch ein amorpher Farbstoff absetzt; bei den ausserordentlich kleinen Mengen, die man erhält, gelingt es kaum, und auf alle Fälle ist es mir bisher niemals geglückt, die Krystalle vollständig von dem amorphen Farbstoff zur isolirten Untersuchung beider zu trennen. Es wäre ja eine Möglichkeit, dass sie chemisch verschieden sind. Besondern Grund habe ich freilich für diese Annahme nicht; im Gegentheil, es schien mir bei weiterer Untersuchung die relative Menge des krystallisirten und amorphen Farbstoffs im Gemenge gleichgiltig. Wie gesagt, die Löslichkeitsverhältnisse sind dieselben und die folgenden Angaben gelten somit von beiden:

Der Farbstoff ist eisenhaltig; wäscht man ihn genau aus — und man kann, wie bemerkt, nahezu in Infinitum auswaschen, der Farbstoff und insbesondere die Krystalle bleiben im Allgemeinen an den Wänden sitzen — und überzeugt sich davon, dass das Waschwasser, selbst nach zuvoriger Concentration durch Verdunsten, keine Spur von Eisenreaktion zeigt, löst man dann den Farbstoff in Ammoniakflüssigkeit, dunstet die Lösung zur Trockne ab, übergiesst hierauf mit rauchender Salpetersäure und verdampft aber-

mals zur Trockne, so bekommt man einen lichtgelben Rückstand, welcher, in Wasser und Salzsäure zu einer hellgelblichen Flüssigkeit gelöst, mit Rhodankalium prachtvolle Eisenreaktion gibt. Ich sagte, dass eine Lösung des fraglichen Farbstoffs in ammoniakhaltigem Wasser die Eigenschaften des Oxyhämatinalkali zeigt, sowie dessen Farbe und Dichromasie und selbst dessen spektrale Absorptionsstreifen im Orange dicht bei D und als ein feiner Schatten sich über D hinaus ins Gelb fortsetzend, wie dies auch Tafel I, Fig. 3 darthut; bisweilen, jedoch nicht immer, nimmt man bei verdünnten Lösungen undeutlich eine Erhöhung der Absorption wahr, gleichsam Andeutung zu Streifen, theils im Grün nahe bei E, theils zwischen b und F, doch sind diese ziemlich unbestimmt. Beim Zusatz von Reduktionsmitteln, Schwefelammonium oder Stokes' Eisenoxydullösung bekam ich die Streifen des reducirten Hämatin, jedoch nicht kräftig und rein, sondern bisweilen ziemlich schwach und verhüllt in einer nicht unbedeutenden allgemeinen Absorption der stärker gebrochenen Seite des Spectrum von der D-Linie an. Bei dieser liegt ein Absorptionsmaximum wie ein schwacher Streifen, 16.45 bis 15.80, abklingend (und möglicher Weise noch ein anderer bei etwa 15.10); bei starkem Schütteln mit Luft verschwinden diese Streifen wie die Hämatinstreifen, und der schwache Streifen im Orange erscheint wieder; eine neue Portion des Reduktionsmittels ruft den Streifen 16.45—15.80 + Hämatin-α und -β oder nur α, je nach der Menge des reducirten Hämatin, hervor. Dass die Reduktion des Oxyhämatinalkali auf diese Art schlecht geht, ist nur bei sehr altem Oxyhämatin der Fall; welcher Veränderung das Oxyhämatin dabei unterliegt, habe ich nicht weiter zu verfolgen versucht, aber ich überzeugte mich davon, dass ganz dieselben Erscheinungen bei der nämlichen Behandlung von (alten) Häminkrystallen auftreten. Diese Erscheinungen bedürfen eines genaueren Studiums. Einen Unterschied zwischen den in Frage stehenden Krystallen und Hämin begründen sie nicht.

Die Menge des Materials war sehr gering, weshalb ich bisher noch nicht untersuchen konnte, ob in diesen Krystallen Chlorwasserstoffsäure oder eine andere Säure enthalten ist.

Indem ich die Resultate der vorstehenden Untersuchung zusammenfasse, hebe ich die folgenden Punkte hervor:

Hämatin lässt sich, allerdings eiweisshaltig, besonders bequem durch Mischen von Blut mit starker Natronlauge darstellen; aus der dabei entstehenden Lösung von reducirtem Hämatin wird durch verdünnte Essigsäure, der Farbstoff als Oxyhämatin gefällt.

In Allgemeinen unlöslich in Säuren, verdünnten sowohl als concentrirten, auch in Salzsäure, löst sich das Hämatin in concentrirter Essigsäure und zeigt, wie in saurer alkoholischer oder ätherischer Lösung, das bekannte Spectrum mit 4 Absorptionsstreifen. Diese Streifen haben verschiedene Lage in der alkoholischen und ätherischen Lösung. In der ersten werden stärker gebrochene Strahlen absorbirt; im Allgemeinen entspricht die Mitte des am weitesten nach Roth zu belegenen Absorptionsstreifen in der alkoholischen Lösung einer Wellenlänge von ungefähr 627, in der ätherischen Lösung von ca. 638. Dieses 4 streifige Spectrum gehört dem Hämatin an, man kann leicht sehen, wie es von Hämatin in fester Form, wenn dasselbe frisch gefällt ist, hervorgebracht wird. Es gehört nicht, wie Preyer behauptet, einem eisenfreien Farbstoffe, dem Hämatoïn, an.

Beim Verdunsten der sauren ätherischen Lösung erhält man im Allgemeinen wohlausgebildete braune bis gelbbraune Krystalle in Form rhombischer oder nahezu quadratischer oder am häufigsten spindelförmiger dünner Tafeln (Tafel II). Man erhält auf diese Weise mit Salzsäure, Schwefelsäure, Oxalsäure, Citronensäure, Weinsäure und Aepfelsäure Krystalle, deren Löslichkeitsverhältniss zu Säuren und Alkalien die nämlichen wie die des Hämatin sind, aus welchem sie dargestellt wurden, wie auch im Allgemeinen die Absorptionsspectra der Lösungen die nämlichen sind.

Diese Krystalle sind eisenhaltig und aller Wahrscheinlichkeit nach identisch mit den „Hämatoïn"-Krystallen von Preyer, welche derselbe für eisenfrei erklärt, ebenso mit den „Hämatin"-Krystallen von Lehmann. Aeusserst nahe stehen dieselben den „Hämin"-Krystallen oder sind mit diesen identisch. Sie brechen die Lichtstrahlen doppelt und verhalten sich zu einem Nicol'schen Prisma wie Häminkrystalle nach Rollett's Beschreibung. Die Doppelbrechung ist bei den spindelförmigen Krystallen positiv.

Löst man Hämatin in concentrirter Schwefelsäure, so bekommt man das Spectrum Tafel I, Fig. 9 (Hämatoporphyrin) von Hoppe-Seyler, welches von den Autoren nicht ganz richtig beschrieben wurde. Bei Zersetzung von Blut- oder Hämoglobinlösung mit schwefelsäurehaltigem Alkohol erhält man, mag das Hämoglobin mit Sauerstoff verbunden oder gasfrei sein, als Produkt Hämatin in saurer Lösung. Wie Hoppe-Seyler's Hämochromogen in alkalischer Lösung sich bei unseren früheren Untersuchungen als identisch mit Stokes' reducirtem Hämatin herausgestellt hat, so ist das in saurer Lösung erhaltene mit Hämatin in saurer Lösung identisch. Das von Hoppe-Seyler bei der erwähnten Zersetzung nach Erhitzen erhaltene Produkt war, nach den Spektralerscheinungen zu urtheilen, ein Gemenge von Hämatin in saurer Lösung und Hämatoporphyrin.

Bei Zersetzung von Blut- oder Hämoglobinlösungen wird bekanntlich auch Hämatin gebildet; ist jedoch die Einwirkung der Säuren weniger intensiv, so entsteht als Zwischenprodukt ein Peroxyhämoglobin. Hiezu wird der Sauerstoff oder ein Theil desjenigen Sauerstoffs, welcher bei Zusatz von Säuren zu Blut fester gebunden wird (Lothar Meyer, Pflüger und Zuntz, Strassburg) verwendet. Das bei spontaner Zersetzung von Blutfarbstoff entstehende Methämoglobin (Hoppe-Seyler) ist, wie Sorby zuerst angeben hat, als ein Peroxyhämoglobin zu betrachten.

Letzteres entsteht auch durch Einwirkung oxydirender Mittel auf Blut- oder Hämoglobinlösungen. Die Richtigkeit dieser von Sorby allgemein hingestellten Behauptung wird erwiesen durch die von mir in dieser Art geschehenen Darstellung von Peroxyhämoglobin mit Kaliumpermanganat (Preyer), chlorsaurem Kali, unterchlorigsaurem Natrium und Nitriten (Gamgee). Gamgee's Beobachtungen über Nitrithämoglobin, welche im Allgemeinen als vollkommen richtig bezeichnet werden müssen, beziehen sich auf Peroxyhämoglobin.

Dieses entsteht ferner, wenn auf Blut- oder Hämoglobinlösung andere Metallsalze einwirken, welche nicht oxydirend wirken (Ferrosulfat) oder den Lösungen saure Reaktion verleihen (Ferricyankalium in neutraler oder alkalischer Lösung).

Selbst bei Zusatz eines Minimum Alkali zu Blut und Erwärmen bildet sich in gleicher Art ausser Hämatin auch Peroxyhämoglobin. Peroxyhämoglobin in sauer oder neutral reagirender Lösung hat vier Absorptionsstreifen (Methämoglobinspectrum), welche vollkommen denen des sauren Hämatin gleichen. Der am wenigsten gebrochene Absorptionsstreifen liegt ungefähr in der Mitte zwischen den entsprechenden Streifen in den sauren alkoholischen und den ätherischen Lösungen des Hämatin. Im Normalspectrum entspricht die Mitte des Streifen einer Wellenlänge von ungefähr 633; bei Zusatz von Säuren zu Blut erhält man jedoch bekanntlich eine wechselnde Lage dieses Streifen, hauptsächlich, wie Sorby richtig angibt, nach der Acidität, indem bei mehr freier Säure der Streifen weiter gegen das rothe Ende des Spectrum verschoben wird. Die Grenze zwischen Hämatin und Peroxyhämoglobin ist durch Untersuchung des Verhaltens der Eiweisskörper festzustellen.

Peroxyhämoglobin in alkalischer Lösung hat ein 3 streifiges Absorptionsspectrum, wovon ein Streifen zwischen C und D, in der Nähe von D, die beiden andern zwischen D und E liegen (Tafel I, Fig. 11), ein Spectrum, welches zuerst von Gamgee für sein „Nitrithämoglobin" beschrieben wurde.

Aus Peroxyhämoglobin in alkalischer Lösung wird Sauerstoff durch Reduktionsmittel (Schwefelammonium, Stokes' Eisenoxydullösung) fortgenommen, und Hämoglobin tritt auf, zuerst als Oxyhämoglobin und später als reducirtes Hämoglobin. Ist Kohlenoxyd in der Mischung vorhanden, so tritt das Hämoglobin nach Anwendung des Reduktionsmittels als Kohlenoxydhämoglobin auf, so z. B. im Blute von Thieren, welche mit Kohlenoxyd vergiftet wurden, nach Behandlung mit Ferricyankalium, oder im Blut, durch welches Kohlenoxyd vor oder nach der Einwirkung von Säuren geleitet wurde. In Blut, welches mit Nitriten behandelt wurde, kommt das Hämoglobin häufig als Stickoxydhämoglobin wieder. (Bei meinen Versuchen ziemlich oft bei Kaliumnitrit, constant bei Amylnitrit.)

Die Erscheinungen bei Behandlung des Blutfarbstoffs mit Säuren oder Alkalien mit nachfolgendem Zusatz von Reduktionsmitteln und Schütteln mit Luft, welche von Munnich und Preyer beobachtet und als eine „Reconstruktion" von Hämoglobin (aus reducirtem

Hämatin bei Sauerstoffzutritt) oder als eine „Synthese" von Blutfarbstoff (aus schon eisenfreiem Farbstoff + Eisensalz + Albuminat nach Preyer) gedeutet wurde, finden insgesammt ihre Erklärung in den oben angeführten Verhältnissen des Peroxyhämoglobin. Eine Wiedervereinigung von Hämatin mit einem vom Farbstoffe bereits getrennten Eiweisskörper zu Hämoglobin halte ich für unbewiesen.

Zum Schlusse noch einige Worte über die Beziehungen der obigen Untersuchungen zur Analyse der Blutflecken. Blut, das einige Zeit eingetrocknet gewesen ist und eine kaffeebraune Farbe angenommen hat, gibt mit destillirtem Wasser der Concentration entsprechend eine gelbliche bis gelbbraune bis braune Lösung, welche vollständig das „Methämoglobinspectrum", mit vier Streifen liefert; bei vorsichtiger Reduktion nimmt die Lösung eine rothe Farbe an und gibt das normale Oxyhämoglobinspectrum, welches in gewöhnlicher Weise reducirt wird, nach Schütteln mit Luft wieder auftritt u. s. w. Aus einem solchen braunen, jahrealten Blutfleck, welcher zuerst nach der Lösung das Spectrum des frischen Blutes nicht gibt, lässt sich das letztere vermittelst vorsichtiger Reduktion ohne jede Schwierigkeit wiederherstellen. In dieser Beziehung will ich folgendes Beispiel erwähnen:

Menschenblut, welches ich in eingetrocknetem Zustande etwas länger als drei Jahre aufbewahrt hatte, löste sich in Wasser zu einer gelbbraunen, neutralen Flüssigkeit, welche vollständig das Peroxyhämoglobinspectrum (Methämoglobinspectrum) mit vier Streifen gab, Streifen I (Mitte) nach der Messung bei 17.50, in schwächer absorbirender Schicht bei 17.53 belegen. Ich setzte zu der Lösung eine minimale Menge Ammoniak, worauf sich das alkalische Peroxyhämoglobinspectrum $\pi + \alpha' + \beta'$ in schöner Weise ausbildete. Nun setzte ich ein Minimum, den Bruchtheil eines Tropfen von gelbem Schwefelammonium hinzu und rasch kehrte die Blutfarbe fast vollkommen wieder und ein sehr schönes Oxyhämoglobinspectrum wurde sichtbar, welches in gewohnter Weise allmälig zu Hämoglobin-γ + Sulfhämoglobinstreifen reducirt wurde, ohne dass eine Spur vom α des reducirten Hämatin sich zeigte.

In diesem Falle wurde also aus einem drei Jahre alten Blutfleck der Blutfarbstoff so vollständig restituirt.

Es ist dies der Hauptsache nach vollkommen richtig bereits von Sorby im Monthly micr. Journ. 1871. Juli. p. 11 beschrieben: „On digesting in water a stain that has been kept untill all the haemoglobin has disappeared, the methaemoglobin dissolves. When the solution is sufficiently strong, this shows a band in the red, and two fainter in the green. The addition of ammonia removes that in the red, makes those in the green much darker, and develops a special very narrow band in the orange. — — — — On adding a little of the double tartrate and of the ferrous salt to even a dilute solution from an old stain, the methaemoglobin is deoxydized, and the well markel spectrum of fresh blood can be seen. If left too long, the spectrum of deoxydized haemoglobin is developed." — Diese von Sorby gegebene Beschreibung des Verhaltens der Blutflecken kann ich hier auf das Bestimmteste bestätigen. Sorby's oben citirter Aufsatz hat nicht die Aufmerksamkeit in solchem Maasse auf sich gezogen, wie er sie in Hinsicht auf die praktische Wichtigkeit der Frage verdient.

Erklärung der Tafeln.

Tafel I, Fig. 1. Oxyhämoglobin in frischem verdünntem Blute.

„ 2. Reducirtes Hämoglobin + Sulfhämoglobin. Dieselbe Blutlösung wie in Fig. 1; mit Schwefelammonium reducirt.

„ 3. Oxyhämatin, in ammoniakhaltigem Wasser gelöst.

„ 4. Oxyhämatin, in ammoniakhaltigem Alkohol gelöst.

„ 5. Reducirtes Hämatin. Blut nach Behandlung mit starker Natronlauge.

„ 6. Reducirtes Hämoglobin + Sulfhämoglobin + reducirtes Hämatin.

„ 7. Hämatin, in oxalsäurehaltigem Aether gelöst.

„ 8. Hämatin, in oxalsäurehaltigem Alkohol gelöst.

„ 9. Hämatoporphyrin: Hämatin in concentrirter Schwefelsäure gelöst.

„ 10. Hoppe-Seyler's „Hämochromogen in saurer Lösung". Spectrum nach Hoppe-Seyler's Angaben in med.-chem. Unters. Bd. IV. p. 542, nach der Berechnung der Dispersion in meinem Spectroskop eingetragen.

„ 11. Peroxyhämoglobin (Methämoglobin) in alkalischer Lösung.

Tafel II. Krystalle, erhalten bei Verdunsten saurer Aetherlösungen von Hämatin, welches mit Essigsäure aus Blut nach Behandlung mit concentrirter Natronlauge ausgefällt war. Mikroskop von Hartnack, Objektiv 7, Ocular 3; Fig. 4 unter Camera clara (Oberhäuser-Hartnack) gezeichnet.

Fig. 1. Aus Aetherlösung mit Salzsäure.
„ 2. „ „ „ verdünnter Schwefelsäure.
„ 3. „ „ „ Oxalsäure.
„ 4. „ „ „ „
„ 5. „ „ „ Citronensäure.
„ 6. „ „ „ Aepfelsäure.

Ueber die Ausscheidung des Salmiaks im Harn.

Von

Dr. Ludwig Feder.

(Aus dem physiologischen Institute zu München [1]).

Nachdem Liebig es als ein Ziel der physiologischen Untersuchung hingestellt hatte, aus den Ausscheidungsprodukten das im Thierkörper Zersetzte kennen zu lernen, und dies für den Zerfall der stickstoffhaltigen Stoffe unter den verschiedensten Umständen vorzüglich durch die Bemühungen von Bischoff und Voit und für die stickstofffreien durch die gemeinschaftlichen Arbeiten von Pettenkofer und Voit bis zu einem gewissen Grade erreicht war, trat eine weitere Frage auf.

Es war wichtig zu wissen, wie aus den eiweissartigen Stoffen. den Fetten, den Kohlehydraten etc. die schliesslichen Ausscheidungsprodukte gebildet werden. Früher hielt man den Sauerstoff für die nächste Ursache der Zerstörung, wenigstens der stickstofffreien Stoffe, indem man ihn sich einfach mit dem Kohlenstoff oder Wasserstoff derselben verbinden liess; für die stickstoffhaltigen Stoffe nahm man aus gewissen Gründen zwar eine andere Ursache der ersten Zersetzung an, aber man liess den Sauerstoff, nach Abtrennung des Stickstoffes in der Form stickstoffhaltiger Verbindungen, auf den stickstofffreien Rest die gleiche Wirkung wie auf die stickstofffreien Stoffe ausüben. Man musste aber allmälig diese Anschauung verlassen; die erweiterten Kenntnisse in der Struktur der organischen Verbindungen und der vor Allem von Voit aus seinen Unter-

1) Prof. Voit hat einen Theil der Resultate dieser Untersuchung der k. b. Akademie in der Sitzung vom 4. März 1876 (siehe die Sitzungsberichte der math.-physikal. Kl.) mitgetheilt.

suchungen gezogene Schluss, dass im Thierkörper der Sauerstoff nicht die nächste Ursache für den Verbrauch sei, sondern diese vielmehr in den Eigenschaften der Zellen zu suchen sei, führten zu der Vorstellung, dass es sich hier im grossen Ganzen um einen allmäligen Zerfall der complicirter zusammengesetzten organischen Verbindungen in immer einfachere, grösstentheils unter sekundärem Eintritt von Sauerstoff, handelt. Es ist hier nicht anders als bei jeder Verbrennung organischer Stoffe, wo meist die Anzündungstemperatur die nächste Ursache eines fortlaufenden Zerfalles ist und die Produkte des letzteren nach und nach Sauerstoff aufnehmen.

Der Sauerstoff wird bei freier Zufuhr in dem Maasse in Beschlag genommen, als in den Zellen Zerfallprodukte entstehen, wobei die Frage noch offen gelassen ist, in welche der Zerfallprodukte zuerst Sauerstoff eintritt und in welchen Zellen dies geschieht.

Es ist wohl unzweifelhaft, dass zwischen dem Fett oder den Kohlehydraten und den hauptsächlichsten Endprodukten derselben, der Kohlensäure und dem Wasser, eine grosse Anzahl von Zwischenstufen existiren, von denen wir einige kennen, deren vollständige Reihenfolge aber erst noch zu finden ist.

Aehnlich ist es höchst wahrscheinlich auch mit den eiweissartigen Stoffen und deren Abkömmlingen. Es geht namentlich aus den Untersuchungen von Voit hervor, dass Fett ein Spaltungsprodukt derselben ist; auch die glycogene Substanz scheint sich daraus abzuzweigen. Wie sich aber der stickstoffhaltige Antheil verhält, ist noch vielfach in Dunkel gehüllt. Bei dem Menschen und den fleischfressenden Säugethieren finden wir als hauptsächlichstes stickstoffhaltiges Endprodukt den Harnstoff. Es wäre denkbar, dass im Eiweiss der Atomencomplex des Harnstoffs schon enthalten ist und bei der Spaltung des Eiweisses gleich Harnstoff auftritt; es ist aber auch denkbar, dass andere Verbindungen zunächst entstehen und diese Vorstufen erst in Harnstoff übergehen. Da wir eine ganze Anzahl stickstoffhaltiger Zerfallprodukte im Organismus kennen, z. B. Kreatin, Kreatinin, Sarkin, Leucin, Tyrosin, Glyco- und Taurocholsäure, Harnsäure etc., welche zum Theil auch bei der künstlichen Zersetzung von Eiweiss entstehen und auch zum Theil im Harn sich nicht vorfinden, so sah man sie als Vor-

stufen des Harnstoffs an. Es ist möglich, durch den Versuch zu entscheiden, ob dieselben im Körper in Harnstoff verwandelt werden, ob sie also wirklich Vorstufen des Harnstoffs sind, oder ob sie unverändert wieder ausgeschieden werden.

Für die Harnsäure ist schon durch Wöhler und Frerichs, durch Neubauer, durch Stokvis, und endlich durch Zabelin in dem Laboratorium von Voit der Uebergang in Harnstoff nachgewiesen worden. Kreatin und Kreatinin gehen dagegen nach den Untersuchungen von Voit und Meissner nicht in Harnstoff über, sondern treten unverändert in den Harn ein.

Später sind ähnliche Versuche mit anderen stickstoffhaltigen Zersetzungsprodukten, namentlich mit Amiden und Amidosäuren der fetten und aromatischen Reihe angestellt worden. Zuerst haben O. Schultzen und Nencki[1]) angegeben, dass Acetamid den Körper unverändert passirt, dagegen Glycocoll, Leucin und zum Theil auch Tyrosin in Harnstoff sich verwandeln. Sie lassen dabei das Eiweiss unter Wasseraufnahme in stickstofffreie Körper und Amidosäuren sich spalten, welche letztere dann als Harnstoff austreten, und sie meinen, es müsste, da die genannten Amidosäuren nur ein Stickstoffatom im Molekül enthalten, der Harnstoff dagegen zwei, der Bildung des Harnstoffs eine Synthese vorausgehen. Für die Asparaginsäure und das Asparagin gab Knieriem[2]) ebenfalls den Uebergang in Harnstoff an. Das Sarkosin, welches nach Schultzen unter Verschwinden des Harnstoffs als Methyluramidoessigsäure und Sarkosinsulfaminsäure in den Harn übertreten sollte, passirt nach den Untersuchungen von Baumann und Mering[3]) im Wesentlichen unverändert den Organismus, während es nach Salkowski[4]), wie das Glycocoll[5]), zum Theil unverändert in den Harn übertritt, zum Theil aber in Methylharnstoff übergeht.

Knieriem schloss aber auch aus seinen diesbezüglichen Versuchen, dass das in den Körper eingebrachte Ammoniak zum grössten

1) Berichte der deutschen chem. Ges. 1869. S. 566 und Zeitschrift für Biologie 1872 Bd. 8. S. 124.
2) Zeitschrift für Biologie 1874 Bd. 10. S. 263.
3) Berichte der deutschen chem. Ges. 1875 Bd. 8. S. 588.
4) Berichte der deutschen chem. Ges. 1875 Bd. 8. S. 638.
5) Centralblatt für die med. Wiss. 1875 Bd. 53. S. 915.

Theil den Körper als Harnstoff verlässt, was von Salkowski bestätiget wurde. Schultzen und Nencki hatten in ihrer Arbeit diesen Gedanken schon ausgesprochen; da nämlich beim Behandeln mit Alkalien oder alkalischen Erden oder mit concentrirten Mineralsäuren ein Theil des Stickstoffs des Eiweisses in Ammoniak übergeht, so hielten sie es für wahrscheinlich, dass auch im Organismus aus Eiweiss Ammoniak sich abspaltet, welches sich dann im Moment der Entstehung mit sich gleichzeitig bildender Cyansäure zu Harnstoff, oder mit Cyan zu Cyanamid und dann zu Harnstoff umsetzt, so dass darnach auch das Ammoniak eine Vorstufe des Harnstoffs wäre.

Während der Uebergang von Leucin, Glycocoll etc. in Harnstoff von vorneherein nichts Unwahrscheinliches an sich hatte, so steht doch die Umbildung von Ammoniak in Harnstoff in Widerspruch mit der bisherigen auf Versuche gestützten Vorstellung, wonach das Ammoniak unverändert den Körper wieder verlässt.

Ich muss auf diese früheren Versuche etwas näher eingehen, da sie zur Beurtheilung der neueren Angaben nothwendig sind.

Bence Jones liess bekanntlich das eingeführte Ammoniak sich in dem Körper zu Salpetersäure oxydiren, da er danach Salpetersäure im Harn aufzufinden glaubte, was aber Lehmann[1]), Jaffé[2]) und Wulfius[3]) als irrig erwiesen. — Eine Kritik der Versuche Böcker's[4]) über die Wirkung grösserer Dosen von Salmiak (11—15 gr.) auf den Menschen, wobei er unter Anderem auch eine Harnstoffvermehrung fand, wird man mir bei dem heutigen Stande solcher Untersuchungen erlassen. — C. Neubauer[5]) hat zuerst eingehende Versuche über das Schicksal des in den Körper aufgenommenen Ammoniaks angestellt, deren Resultate bis jetzt allgemein giltig waren. Neubauer stellte zuerst bei zwei jungen Männern die mittlere tägliche Ammoniakausscheidung im Harn nach

1) Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 78. S. 251 u. Bd. 82. S. 368.

2) Lehrbuch d. phys. Chem. Bd. 2. S. 362; Journ. f. prakt. Chem. Bd. 19. S. 238.

3) Ueber den Nachweis der Salpetersäure im Harn; diss. inaug. Dorpat 1861.

4) Beiträge zur Heilkunde. Bd. II. 1849.

5) Journ. f. prakt. Chem. 1865. Bd. 64. S. 177 u. 278.

der Schlösing'schen Methode, über welche ich nachher noch Einiges sagen werde, bei gewöhnlicher Ernährungsweise, zum Theil unter verschiedener Körperbewegung und reichlicher Wasseraufnahme fest; er fand für den Einen im Mittel aus 12 Versuchstagen (0.4191 — 1.0023) 0.8351 gr., für den Zweiten in 1558 ccm. Harn 0.6137 gr. Ammoniak (0.5084 — 0.7322). Der Letztere erhielt nun 5 Tage hinter einander je 2 gr. Salmiak und schied nach Abrechnung von 0.6137 gr. Ammoniak für den Tag:

1) 1.6744 gr.
2) 2.0679 „
3) 1.8425 „
4) 2.2302 „
5) 2.1415 „

also im Ganzen 9.957 gr. Salmiak aus. Zwei Tage nach der letzten Salmiakaufnahme war die Ammoniakausscheidung wieder auf die normale Grösse herabgesunken, so dass also der aufgenommene Salmiak sämmtlich in kurzer Zeit im Harn wieder entleert wurde, was allerdings mit den Angaben Anderer in Widerspruch steht. Die mittlere Harnmenge betrug dabei 1872 ccm., sie war demnach grösser als ohne den Salmiak, jedoch ist dabei nicht auf eine völlige Gleichhaltung der Zufuhr der festen und flüssigen Nahrung geachtet worden.

Sehr interessante und für unsere Frage wichtige Resultate erhielt Jul. Lohrer[1]), der unter der bewährten Leitung Buchheim's in Dorpat den Uebergang der Ammoniaksalze in den Harn experimentell studirte. Er sammelte zunächst während 20 Tagen die täglich entleerten Harnmengen eines Mannes und bestimmte darin ebenfalls nach der Schlösing'schen Methode den Gehalt an Ammoniak; es fanden sich dabei im Mittel für den Tag 1036 ccm. Harn mit 0.4426 gr. Ammoniak. Er fügte nun zu seiner gewöhnlichen Nahrung Ammoniaksalze (Salmiak, schwefelsaures und citronensaures Ammoniak) hinzu; in vier Versuchsreihen, welche durch kurze Zwischenräume getrennt waren, nahm er zum Unterschied von

1) Jul. Lohrer, über den Uebergang der Ammoniaksalze in den Harn. diss. inaug. Dorpat 1862.

Neubauer nur an einem Tage, und zwar immer am ersten Tage der Reihe, 7.4553 gr. Salmiak mit 2.3707 gr. Ammoniak zu sich und bestimmte dann die Ammoniakmenge im Harn[1]). Lohrer fasste die Resultate seiner Versuche dahin zusammen, dass der grösste Theil des eingeführten Ammoniaks wieder im Harn erscheine und nur ein kleiner Theil desselben entweder im Körper verbleibe und erst später in den Harn übergehe oder auf anderen Wegen entfernt werde. Betrachtet man aber die Zahlen Lohrer's genauer, so ersieht man, dass derselbe berechtigt gewesen wäre, zu schliessen, das Ammoniak des zugeführten Salmiaks erscheine völlig im Harn wieder; das Ammoniak wird nämlich nur allmälig aus dem Körper entfernt, wodurch sich die Ergebnisse der Lohrer'schen Versuche leicht erklären. Er erhielt:

	Datum März.	Ammoniak gegeben.	Ueberschuss von Ammoniak im Harn.		Differenz.
1)	7.	2.3707	0.3136	0.7693	— 1.6014
	8.	—	0.3320		
	9.	—	0.1237		
2)	10.	2.3707	0.6544	1.5169	— 0.8538
	11.	—	0.8625		
3)	12.	2.3707	0.4836	2.4858	+ 0.1151
	13.	—	0.4603		
	14.	—	0.4190		
	15.	—	0.5941		
	16.	—	0.4888		
4)	17.	2.3707	0.7118	2.9145	+ 0.5438.
	18.	—	0.9590		
	19.	—	0.7764		
	20.	—	0.4673		

1) Lohrer hat nicht die mittlere Menge des gewöhnlich im Harn täglich ausgeschiedenen Ammoniaks von der bei Ammoniakdarreichung gefundenen abgezogen, sondern aus der betreffenden Harnmenge das im Harn ohne Ammoniakdarreichung enthaltene Ammoniak berechnet, indem er annimmt, dass in 1000 cc. Harn 0.4272 Ammoniak sich befinden. Dies ist nicht ganz richtig und giebt zu geringen Fehlern Veranlassung; denn die Ammoniakausscheidung richtet sich nicht nach der Harnmenge, so wenig wie die der übrigen Harnbestandtheile, wie die Zahlen von Lohrer selbst darthun. — Wenn Lohrer auf 1000 cc. Harn reducirt, so stimmen die von ihm und Neubauer in dem normalen Harn

Am Ende jeder Versuchsreihe findet sich immer noch ein Ueberschuss von Ammoniak im Harn, d. h. es ist noch Ammoniak im Körper zurück. Es kann sich offenbar das Ammoniak bis zu einer gewissen Grenze in den Organen aufspeichern und wird dann nachher, wenn kein Ammoniak mehr gegeben wird, allmälig wieder entfernt. Es ist genau so, wie es Voit[1]) für das Chlornatrium angegeben hat. Daraus erklärt es sich auch, warum in den beiden ersten Reihen ein Deficit von Ammoniak sich ergab, in den beiden letzten aber ein kleines Plus. Da nämlich die ersten Reihen nur kurze Zeit währten, so blieb noch Ammoniak im Rückstande; der Körper war daher bei Beginn der beiden letzten Reihen mit Ammoniak gesättigt und es blieb beim Schluss derselben nur wenig Ammoniak zurück, ja es wurde sogar von dem in den beiden ersten Reihen znrückgehaltenen ausgeschieden. Ganz ähnlich ist es bei den weiteren Reihen Lohrer's bei Aufnahme von schwefelsaurem und citronensaurem Ammoniak. Bei den Versuchen Neubauer's war diese Zurückhaltung nicht so deutlich zu erkennen, da er nicht nur an einem Tage, wie Lohrer, eine grosse Gabe Salmiak reichte, sondern fünf Tage hinter einander kleinere Gaben; bei einer grösseren Dosis wird nach Voit's Erfahrungen mit dem Kochsalz viel mehr des Salzes im Körper aufgespeichert als bei einer kleineren, aber auch bei Neubauer ist am ersten Tage zu wenig Salmiak vorhanden, und am Schlusse der Reihe noch nicht aller Salmiak entfernt.

Mit den Arbeiten von Neubauer und Lohrer schien das Verhalten der Ammoniaksalze im Organismus, welche sich danach ganz ähnlich verhalten wie das Chlornatrium, völlig aufgeklärt zu sein. Die späteren Untersuchungen von Rabuteau[2]) fügten im Wesentlichen nichts Neues mehr hinzu, nur betonten sie eine Vermehrung der Stickstoffausscheidung im Harn und der Eiweisszersetzung, was die Analogie mit der Wirkung des Chlornatriums noch

erhaltenen Ammoniakmengen ziemlich überein; die mittleren in 24 Stunden ausgeschiedenen Mengen, welche aber zu vergleichen sind, weichen nicht unbeträchtlich von einander ab.

1) Voit, Unters. über d. Einfluss des Kochsalzes. 1860. S. 47.

2) Rabuteau, recherches sur divers sels du genre chlorure, Union médicale 1871. Nr. 65. p. 325; Gazette hebdomodaire 1871. Nr. 46. p. 739 (über die Harnstoffbestimmung im Harn).

vermehrte. Rabuteau suchte die Nahrungs- und Lebensweise beim Menschen gleichmässig zu halten und schob zwischen zwei fünftägige Reihen ohne Salmiakzufuhr eine fünftägige ein, bei welcher im Tag 5 gr. Salmiak aufgenommen wurden. Er bestimmte nun dabei zuerst den Stickstoff des Harnstoffs und des Ammoniaks im Harn, ähnlich wie Knop, mit unterchlorigsaurem Natron, und dann, nachdem er das Ammoniak durch Kochen mit kohlensaurem Natron ausgetrieben hatte, auf obige Weise den Stickstoffgehalt des Harnstoffs. Ich will die Methode Rabuteau's, bei der durch das Kochen mit dem kohlensaurem Natron gewiss auch stickstoffhaltige Harnbestandtheile zersetzt werden, nicht weiter kritisiren; er fand im Mittel in der ersten Periode 21.40 gr. Harnstoff, in der zweiten Periode mit täglich 5 gr. Salmiak 24.41 gr. Harnstoff, und in der dritten wieder 21.62 gr. Harnstoff. Was die Ammoniakausscheidung betrifft, so erwähnt er nur vorübergehend, er habe von den 25 gr. Salmiak mehr als 22 gr. im Harn wieder gefunden, sagt aber nichts über die Zeit der Ausscheidung desselben.

Eine Untersuchung von Ferd. Lange[1]) führt zuerst auf den von Knieriem betretenen Boden. Er suchte zunächst festzustellen, ob in der Exspirationsluft normal Ammoniak vorkommt, welche Frage, ganz abgesehen von den früheren Versuchen, durch Zabelin, Lossen, Bachl, Pettenkofer und Voit mit negativem Resultat untersucht worden ist[2]). Nachdem Lange in der Athemluft weder normal, noch nach Einspritzung von kohlensaurem Ammoniak ins Blut Ammoniak hatte auffinden können, suchte er bei Katzen nach Abbindung der Nieren im Blute selbst das injicirte kohlensaure Ammo-

1) Ferd. Lange, physiolog. Unters. über das Verhalten und die Wirkung einiger Ammoniaksalze im thier. Organismus; diss. inaug. Dorpat 1874.

2) Nach allen quantitativen Bestimmungen finden sich in der 24 stündigen Exspirationsluft höchstens wenige Milligramm Ammoniak. Einige geben immer noch an, es habe Thiry in der Athemluft Ammoniak nachgewiesen, während doch Bachl (diese Zeitschrift 1869. Bd. V. S. 61) dargethan hat, dass dieses Ammoniak aus den von Thiry vorgelegten Kalistückchen stammte. Ich bemerke, dass Oertel bei nephrotomirten Kaninchen vergebens nach Ammoniak in der Exspirationsluft und der Hautausdünstung nach Ammoniak gesucht hat. (Oertel, Unters. über die abnorme Anhäufung von Harnbestandtheilen im Blut und ihre Folgen; diss. inaug. München 1867.)

niak nachzuweisen, und zwar zunächst nur qualitativ nach der Methode von Kühne und Strauch. Es gelang ihm auch dieser Nachweis im normalen Blute und nach der Injektion; aber während die Reaktion bei normalem Blute bei einer Erwärmung auf 60—65° C. zuerst auftrat und bei dem ausserhalb der Ader mit kohlensaurem Ammoniak versetzten Blute schon bei 40—45°, stellte sich bei Injektion von kohlensaurem Ammoniak ins circulirende Blut die Ammoniakreaktion erst bei 65—68° mit der Gerinnung des Eiweisses, wo auch normal reichlich Ammoniak sich entwickelt, ein. Lange meint aus diesem Ergebnisse schliessen zu dürfen, dass das kohlensaure Ammoniak nicht mehr im Blute vorhanden ist, und sich dorten entweder in Nitrat oder nach Schultzen in Harnstoff, oder in eine wenig oder gar nicht flüchtige Ammoniakverbindung verwandelt. Es ist zunächst nicht verständlich, warum beim normalen Blute die Reaktion früher eintreten soll als nach der Injektion von kohlensaurem Ammoniak; wenn ferner nach Zusatz des Ammoniaksalzes zum Blute ausserhalb des Körpers die Reaktion früher sichtbar ist als nach der Injektion, so ist dies leicht erklärlich, da im letzteren Falle die geringen Mengen von kohlensaurem Ammoniak (0.3—0.6 gr.) auf den ganzen Körper der Katze von etwa 2 Kilo Gewicht sich vertheilen. Aber auch von 28 mgr. ausserhalb des Körpers dem Blute zugesetzten Ammoniaks vermochte Lange nur 6.8 mgr. nach dem Verfahren von Kühne und Strauch auszutreiben und selbst von diesen 6.8 mgr. rührte wohl noch ein Theil von der Zersetzung her. Man ersieht daraus, dass die Methode zur Ermittlung des Ammoniaks Fehler einschliesst und man erst nach einer genauen quantitativen Bestimmung des Ammoniaks im Blute entscheiden kann, ob dasselbe im Blute sich verändert oder nicht. Ich habe versucht mit Platinchlorid den zu Blut zugesetzten Salmiak wieder aufzufinden. Zu allen Proben wurde frisches, defibrinirtes Kalbsblut (25 ccm.) genommen. Probe A und B war unverändertes Blut; zu Probe C und D wurden 5 ccm. Salmiaklösung (mit 0.1096 Ammoniak) zugefügt; Probe E war zuerst mit 150 ccm. Alkohol und dann mit 5 ccm. der Salmiaklösung versetzt worden. Die Proben wurden mit 150 ccm. Alkohol vermischt und mit diesem 24 Stunden stehen gelassen; danach

wurde kolirt, abgepresst, noch mehrmals mit Alkohol aufgerührt, wieder kolirt, und endlich die kolirte Flüssigkeit filtrirt. Die Lösung hatte eine röthliche Farbe, die bei den mit Salmiak versetzten Proben intensiver war. Nun wurde mit Salzsäure angesäuert, zur Trockene verdampft und der Rückstand mit Wasser erschöpft. Das abermals angesäuerte Filtrat dampfte ich zur Trockene ab, versetzte mit Platinchlorid und einem Ueberschuss von Alkohol und Aether und verfuhr dann wie bei der von Heintz angegebenen Bestimmung des Ammoniaks im Harn. Ich erhielt so:

	Kaliumplatinchlorid	Ammoniumplatinchlorid	Ammoniak	
A)	0.0366	0.0160	0.0027	0.0036
B)	0.0294	0.0260	0.0045	
C)	0.0486	0.5735	0.0989	0.0985
D)	0.0500	0.5693	0.0981	
E)	0.0518	0.5844	0.1075	

In C und D wurden von 0.1096 gr. Ammoniak 0.0949 gr., in E 0.1039 gr. wieder gewonnen. Die grössere Menge von Kaliumplatinchlorid nach Zusatz von Salmiak rührt wahrscheinlich von der Auflösung eines Theils der Blutkörperchen durch den Salmiak und dem Uebergang der Kalisalze derselben ins Plasma her. Ich bin überzeugt, dass die Bestimmungen des Salmiaks noch wesentlich genauer werden, wenn man zuvor die Blutkörperchen durch Zusatz von Wasser auflöst.

Nachdem also früher Alles für einen unveränderten Uebergang des Ammoniaks in den Harn sprach, waren die vorher erwähnten Mittheilungen von Knieriem und Salkowski sehr auffallend, denn es standen sich nicht verschiedene Erklärungen, sondern verschiedene Beobachtungen gegenüber. Da es sich hier um eine Frage von principieller Bedeutung handelt, so erschien es Herrn Professor Voit wichtig genug, die Sache mit allen Hilfsmitteln zu prüfen und einen sicheren Entscheid zu bringen, was ich unter seiner Beihilfe versuchte.

Man ersieht alsbald, dass die Aufgabe keine sehr einfache ist.

Es handelt sich vor Allem darum, bei einem grösseren Organismus, bei welchem der auf jeden Versuchstag treffende Harn voll-

ständig und direkt aufgefangen wird[1]), die Ausscheidung an Chlor, Ammoniak, Harnstoff und Stickstoff zuerst ohne und dann mit Zufuhr von Salmiak zu bestimmen. Dazu mussten diese Ausscheidungen vorerst möglichst gleichmässig gemacht sein. Dies ist der Fall, wenn die Zufuhr genau die Ausgaben deckt, also z. B. Tag für Tag ebensoviel Stickstoff eingeführt wird, als durch Harn und Koth weggeht. Da aber dabei die Stickstoffmenge im Harn eine nicht unbeträchtliche ist, wodurch dann eine darin eintretende geringfügige Aenderung nicht so sicher wahrzunehmen ist, und da der Salmiak die Ausnützung im Darme ändern konnte, so wurde es anfangs vorgezogen, das Thier während des Hungers zu untersuchen, wo nach den Angaben Voit's in einigen Tagen, wenn die von dem reichlichen Futter herrührende grössere Menge des circulirenden Eiweisses zersetzt ist, so lange die Eiweissumsetzung die gleiche bleibt, bis das vorräthige Fett verbraucht ist. Die Versuche wurden an grösseren Hunden gemacht, welche gewöhnt waren, den Harn in ein untergehaltenes Glas zu entleeren; der Koth wurde durch Knochen genau abgegrenzt. Ich wagte es nicht, die Versuche an Menschen anzustellen, da es bei ihnen, der zusammengesetzten und in der Küche zubereiteten Kost halber, viel schwieriger ist eine gleichmässige Stickstoffausscheidung zu erreichen.

Bei dem ersten Versuche waren die Bemühungen hauptsächlich darauf gerichtet, eine etwaige Vermehrung der Ammoniakausscheidung im Harn nachzuweisen, denn wenn diese in genügendem Maasse stattfindet, kann eine Umwandlung in Harnstoff nicht vorgekommen sein. Damit trat die Frage nach einer genaueren Ammoniakbestimmung im Harn in den Vordergrund. Es schien nach den Erfahrungen Neubauer's am einfachsten, die von ihm angewendete Schlösing'sche Methode, welche er durch Controlversuche mit Salmiak auf ihre Brauchbarkeit für den menschlichen Harn

1) Es ist unbegreiflich, dass dieser einfachen, selbstverständlichen Forderung in manchen Fällen immer noch nicht nachgekommen wird; man meint, man brauche ein Thier nur in einen Käfig zu sperren und den im Tag abgelaufenen Harn zu untersuchen. Man erhält aber dabei weder allen Harn, noch allen auf den Versuchstag treffenden Harn. Die Fehler fallen um so grösser aus, je kleiner das Thier ist.

geprüft hatte, zu wählen, zudem auch Lohrer dadurch aus Salmiaklösungen alles Ammoniak erhalten konnte. Voit[1]) hat sich aber schon öfters dahin ausgesprochen, dass diese Methode für den Hundeharn Schwierigkeiten bereitet; setzt man Kalkmilch zum Hundeharn, so tritt ein intensiv knoblauchartiger Geruch auf, und es schwärzt sich die Wandung des Silbertiegels, wenn man in einem solchen die Reaktion vornimmt, zum Beweise, dass dadurch Zersetzungen organischer Stoffe stattfinden; die Entwicklung von Ammoniak währt dabei viele Tage lang an. Voit hat sich desshalb geäussert, dass das bei dem Schlösing'schen Verfahren aus dem Hundeharn erhaltene Ammoniak sich erst durch die Einwirkung des Aetzkalkes auf irgend einen stickstoffhaltigen Harnbestandtheil gebildet hat.

Neubauer[2]) hat die bekannten im Harn vorkommenden Stoffe, namentlich den Harnstoff, mit negativem Erfolg auf die Entwicklung von Ammoniak mit Kalkmilch geprüft; er erhielt auch noch Ammoniak, wenn er den Harn mit Bleizucker und Bleiessig ausgefällt hatte, wodurch er die Farbstoffe und Extraktivstoffe zu entfernen suchte. Aber man weiss nicht, ob die zum grossen Theil noch unbekannten, nicht rein darstellbaren Extraktivstoffe des Harns sämmtlich durch die Bleisalze niedergeschlagen werden; die Forderung, man müsste einen organischen Stoff entdecken, welcher mit Kalkmilch in der Kälte Ammoniak entwickelt, wenn man gegen das Vorkommen von Ammoniak im normalen Harn streiten wollte, scheint mir nicht ganz gerecht zu sein, da es gewiss nichts Unwahrscheinliches hat, dass einer der vielen noch unbekannten, leicht zersetzbaren Extraktivstoffe diese Eigenschaft besizt. Für den Hundeharn lässt sich, wie gesagt, eine solche Zersetzung mit Ammoniakabspaltung leicht darthun, und es wird diese Angabe Voit's vielleicht jetzt mehr Beachtung finden, nachdem auch Lange mit Schlösing's Verfahren beim Katzenharn, der nach ihm durch Kalkmilch aus unbekannten Extraktivstoffen Ammoniak entwickelt, nicht zurecht kam, so wenig wie Knieriem beim Hundeharn.

---

1) Diese Zeitschrift 1865. Bd. 1. S. 148; Annal. d. Chem. und Pharm. Bd. 130. S 89.

2) Journ. f. prakt. Chem. 1855. Bd. 64. S. 278.

Für den Menschenharn stellen sich solche Schwierigkeiten nicht ein; er giebt mit Kalkmilch keinen so eigenthümlichen Geruch wie der Hundeharn, und die Ammoniakentwicklung ist nach 48 Stunden beendet; es ist aber immerhin möglich, dass auch bei ihm das im normalen Harn bestimmte Ammoniak, wenigstens zum Theil, von einer Zersetzung herrührt. Voit hat in dieser Beziehung auf einen schwefel- und stickstoffhaltigen Stoff aufmerksam gemacht, der sich ausserordentlich leicht zersetzt, in grösserer Menge im Hunde- und Katzenharn, in kleinerer Menge aber auch im Menschenharn vorkommt[1]).

1) Voit hat im Jahre 1860 angegeben, dass im Hundeharn ein ansehnlicher Theil des Schwefels nicht in der Form von Schwefelsäure enthalten ist, sondern in einem anderen schwefelhaltigen Stoffe. Nachdem in letzter Zeit vielfach von schwefelhaltigen Stoffen im Harn die Rede war, wobei Voit's Mittheilungen grösstentheils unbeachtet geblieben sind, hat dieser (diese Zeitschrift Bd. 10. 1874. S. 216) auf seine früheren Angaben aufmerksam gemacht. Falck (Beiträge zur Physiologie S. 102) hat das Verdienst, eine Notiz von Ronalds (Journ. f. prakt. Chem. 1847. Bd. 41. S. 185) aufgefunden zu haben, in welcher längst vor Voit für den Menschenharn nachgewiesen ist, dass darin Schwefel noch in anderer Form als in der von Schwefelsäure vorkommt. Es ist vielen Anderen die Angabe von Ronalds ganz entgangen, es hätten sonst nicht die meisten Autoren (z. B. Bidder und Schmidt) glauben können, in der Schwefelsäure den Gesammtschwefel des Harns zu bestimmen. Voit hat nun die genannte Thatsache benützt, um bei verschiedenster Kost die Art der Schwefelausscheidung im Harn zu bestimmen, und um zu zeigen, dass der in den zersetzten eiweissartigen Stoffen enthaltene Schwefel wie der Stickstoff vollständig im Harn und Koth ausgeschieden wird, und dass die Menge dieses Schwefels ein Maass für den Verbrauch der stickstoffhaltigen Bestandtheile im Körper ist, wie die des Stickstoffs. Falck verurtheilt mit vollem Rechte die Art der Schwefel- und Harnstoffbestimmung von Engelmann (Arch. für Anat. und Physiol. 1871. S. 14); er meint, man habe diese Arbeit Engelmann's bis jetzt keiner eingehenden Kritik unterzogen, weil sie eine preisgekrönte sei. Es giebt aber noch einen anderen Grund für ein Stillschweigen, nämlich die Ueberzeugung, dass jeder mit der Sache Vertraute den geringen Werth jener Arbeit erkennen wird. Es ist eine Kritik überflüssig, wenn z. B. Engelmann nach den Untersuchungen von Voit und E. Bischoff sagt, dass die Schwefelsäure- und Phosphorsäureausscheidung in Verbindung mit der Stickstoffausscheidung eine bis jetzt noch nicht gewürdigte Bedeutung gewinne, oder wenn er sagt, Voit hielte den Menschen zu Versuchen über den Stoffwechsel wegen der complicirten Kost für unbrauchbar, nachdem dessen ausführliche Untersuchungen am Menschen schon vorlagen.

Da für meinen Zweck also die Schlösing'sche Methode nicht anwendbar war, so versuchte ich auch das Verfahren von de Vry[1]). Es wird dabei bekanntlich der Harn zur Abstumpfung der Säure zuerst mit doppelkohlensaurem Natron versetzt und dann im Filtrate durch schwefelsaure Magnesia das vorhandene Ammoniak als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia gefällt. Berzelius[2]) hat hiezu bemerkt, dass schon beim Neutralisiren das Ammoniak mit der im Harn enthaltenen Magnesia niederfallen könne und dass zweitens der Rest der Phosphorsäure im Filtrate möglicherweise nicht hinreiche, das Ammoniak mit der Magnesia zu verbinden; er rieth daher an, den ersten Niederschlag ebenfalls zu prüfen und den Harn vorher mit phosphorsaurem Natron zu versetzen. Es bleibt aber trotzdem zweifelhaft, ob dabei die ganze Ammoniakmenge erhalten wird, da die phosphorsaure Ammoniak-Magnesia nur in alkalischen Flüssigkeiten unlöslich ist. Lohrer hat nun auch dargethan, dass man nach Neutralisirung mit doppelkohlensaurem Natron bei einem Ueberschuss von Ammoniakverbindungen nicht alle im Harn enthaltene Magnesia abscheiden kann, weil das Trippelphosphat theilweise in Lösung bleibt; man ist also auch umgekehrt nicht im Stande, das Ammoniak mit Magnesiasalz ganz zu fällen. Sobald man aber den Harn alkalisch macht, entweicht aus dem Niederschlag schon bei gewöhnlicher Temperatur Ammoniak. Ich habe mich ebenfalls längere Zeit bemüht, das im Harn enthaltene Ammoniak als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia zu fällen, und stiess auf die gleichen Schwierigkeiten wie Lohrer.

Es blieb daher nichts übrig, als die Bestimmung des Ammoniaks im Harn mittelst Platinchlorid nach dem von Heintz[3]) angegebenen Verfahren zu versuchen, womit ich auch vortrefflich zu Stande kam. Es ist sehr wohl möglich, dass ein Niederschlag mit Platinchlorid ausser dem von Kaliumplatinchlorid kein präformirtes Ammoniak anzeigt, sondern durch das Platinchlorid stickstoffhaltige organische Stoffe gefällt oder unter Ammoniakabspaltung zersetzt

1) Annalen der Chem. und Pharm. Bd. 59. S. 383.
2) Jahresbericht 17. 628.
3) Poggend. Annalen. Bd. 66. S. 114.

werden; dies ist aber für meinen Zweck gleichgiltig, da es sich dabei nur um Differenzbestimmungen handelt.

Ich habe zur Prüfung der Brauchbarkeit der Methode einige Controlversuche gemacht. Zuerst wurde in zwei Proben von je 5 ccm. Harn eines hungernden Hundes das Ammoniak nach Heintz bestimmt und dabei auf 100 ccm. Harn berechnet folgende Zahlen erhalten:

1) 100 ccm. Harn	=	0.1601	Ammoniak
2) 100 „ „	=	0.1647	„
Mittel	=	0.1624	Ammoniak.

Sodann wurden 100 ccm. des gleichen Harns mit 10 ccm. einer Salmiaklösung versetzt, welche 0.5082 gr. Ammoniak enthielten. In zwei Proben dieser Mischung von je 5 ccm. wurde nun der Ammoniakgehalt bestimmt und auf 110 ccm. berechnet.

1) 110 ccm.	=	0.6685	Ammoniak
2) 110 „	=	0.6684	„
Mittel	=	0.6685	Ammoniak
in 100 ccm. Harn	=	0.1624	„
in 10 ccm. Salmiaklösung	=	0.5061	Ammoniak,

während 0.5082 Ammoniak zum Harn hinzugefügt worden waren.

Ich habe mich bei der Ammoniakbestimmung stets genau an die von Heintz angegebene Vorschrift gehalten, nur habe ich wegen der starken Concentration des Hundeharns und des grossen Verbrauchs an Platinchlorid nur 5 ccm. zur Analyse genommen.

Ausser der genauen Bestimmung des Ammoniaks handelte es sich noch um eine solche des Harnstoffs. Dieser setzen sich aber grosse Schwierigkeiten entgegen.

Die Liebig'sche Methode durch Titrirung mit salpetersaurem Quecksilberoxyd ist in unserem Falle nicht ohne Weiteres brauchbar, da sich das salpetersaure Quecksilberoxyd nicht nur mit dem Harnstoff und anderen stickstoffhaltigen Harnbestandtheilen, z. B. Kreatinin, Kynurensäure, Harnsäure, Allantoïn etc., sondern auch mit dem Ammoniak verbindet. Professor Voit hat zuerst betont, dass diese Methode für den Hundeharn nicht den Gehalt

an Harnstoff, sondern vielmehr nahezu den an Stickstoff anzeigt, insoferne diese stickstoffhaltigen Stoffe für die gleiche Stickstoffmenge ungefähr ebensoviel Quecksilberoxyd in Anspruch nehmen als der Harnstoff. Er hat für den Hundeharn die Resultate der direkten Stickstoffbestimmung mit den aus der Harnstoffbestimmung berechneten verglichen und nahezu die gleichen Werthe erhalten.

Auch für den nicht zu sehr verdünnten Menschenharn, wie er z. B. bei den Untersuchungen über den Stoffverbrauch des normalen Menschen[1]) vorkam, gilt das gleiche; nur bei grösserer Verdünnung sind die Differenzen bedeutender, auch wenn das Chlor durch Silber ausgefällt und die von Liebig vorgeschlagene Correction wegen der Verdünnung angebracht worden war. Es wurde daher bei den Untersuchungen am Menschen von Prof. Voit früher schon in den meisten Fällen die direkte Stickstoffbestimmung mit Natronkalk gemacht, und sie ist später von ihm ausschliesslich benützt worden, da der Menschenharn häufig zu diluirt ist[2]).

Die Gegenwart anderer durch salpetersaures Quecksilberoxyd fällbarer Stoffe neben dem Harnstoff würde uns wohl nichts schaden,

---

1) Diese Zeitschrift 1865. Bd. 1. S. 130 und 1866. Bd. 2. S. 469.

2) Schenk hob in einer sehr dankenswerthen Abhandlung über den Werth der Bestimmung des Harnstoffs nach Liebig (Sitzungsberichte d. Wiener Akad. 1869. Bd. 59. II. Abth.) wie früher Voit hervor, dass die Liebig'sche Harnstoffbestimmnng nicht den Harnstoffgehalt angiebt. Wenn er ganz allgemein sagt, dass sie auch nicht brauchbar zur Bestimmung des Gesammtstickstoffs im Menschenharn sei, so ist dies wohl etwas zu weit gegangen, denn die von Voit mitgetheilten 22 Analysen thun für den nicht zu verdünnten Menschenharn die Brauchbarkeit derselben dar; in verdünntem Harn ist dies allerdings anders, wesshalb auch Schenk grössere Abweichungen in Nr. 2, 3 und 4 seiner 8 Analysen fand, bei welchen die Harne sehr verdünnt waren. — Von Interesse ist die Angabe von Nowak (Sitzungsberichte der Wien. Akad. 1872. Bd. 67. III. Abtheilung), dass die Bestimmung des Harnstoffs mit salpetersaurem Quecksilber keine genauen Resultate giebt, weil dabei eine unlösliche und eine lösliche Harnstoffverbindung entstehe, und die beiden nicht in einem stets proportionalen Verhältnisse sich bilden. Bei verdünnten Flüssigkeiten verbraucht er mehr von der Lösung, was ganz im Einklange mit Henneberg's Erfahrungen steht, der bei grösserer Verdünnung zur Correction einen verhältnissmässig grösseren Abzug vorschlug. Bei Nowak's Versuchen kommen Schwankungen von 0.7 bis 4% an Harnstoff vor; bei dem mittleren Menschenharn, wo die Schwankungen nur geringe sind, hat dies, wie Voit's Analysen darthun, keinen bedeutenden Einfluss, wohl aber bei diluirtem Harn.

da die ersteren in ihrer Menge durch den Salmiak kaum verändert werden; aber es ist dabei eine genauere Harnstoffbestimmung desshalb unmöglich, weil auch das Ammoniak mit dem salpetersauren Quecksilberoxyd eine Verbindung eingeht. Liebig hat zuerst angegeben, dass er beim Titriren von faulem Harn häufig dieselben Resultate erhalten habe, wie aus demselben Harn in frischem Zustande, in anderen Fällen verbrauchte er für den faulen Harn mehr Quecksilberlösung.

Ich habe hierüber folgenden Versuch angestellt. In einem Hundeharn wurde zuerst der Harnstoffgehalt, nach Ausfällung des Chlors mit salpetersaurem Silber, auf die gewöhnliche Weise bestimmt, nur waren den 15 ccm. der Harnbarytmischung mit 5 ccm. Harn noch 20 ccm. Wasser zugesetzt worden; für 5 ccm. Harn wurden 37.5 ccm. der Quecksilberlösung verbraucht (= 375 mgr. Harnstoff). Sodann setzte ich zu 15 ccm. der gleichen Harnbarytmischung 20 ccm. Salmiaklösung mit 0.0248 gr. Ammoniak und titrirte abermals nach Ausfällung des Chlors; ich verbrauchte dabei 44.0 ccm. der Quecksilberlösung (= 440 mgr. Harnstoff). Die 24.8 mgr. Ammoniak hatten also 6.5 ccm. der Lösung in Anspruch genommen oder 10 mgr. Ammoniak 2.6 ccm der Titrirflüssigkeit. Daraus geht hervor, dass man für einen ammoniakhaltigen Harn verhältnissmässig mehr von der Quecksilberlösung zusetzen muss und daraus mehr Harnstoff berechnet, als dem Stickstoffgehalte entspricht.

Die Bestimmung des Harnstoffs mit unterchlorigsaurem oder unterbromigsaurem Natron nach Knop oder Hüfner ist selbstverständlich in unserem Falle nicht zulässig, weil dadurch auch der Stickstoff des Ammoniaks als Gas entweicht.

Die Methode von Ragsky und Heintz wäre für meinen Zweck gut anwendbar, denn man fällt dabei bekanntlich in einer ersten Probe das Kali und Ammoniak des Harns mit Platinchlorid aus, und thut dann das Gleiche in einer zweiten Probe nach vorheriger Behandlung mit Schwefelsäure. Wenn auch durch die Schwefelsäure aus anderen stickstoffhaltigen Harnbestandtheilen ausser dem Harnstoff Ammoniak abgetrennt werden sollte, also die Methode so wenig wie die von Liebig eine solche zur genaueren Bestimmung des Harnstoffs ist, so würde dies in unserem Falle, wo

es sich nur um eine Differenzbestimmung handelt, keinen Eintrag thun.

Ich habe im zweiten Versuche die Harnstoffbestimmung wie auch Schultzen, Knieriem und Salkowski nach der Bunsen'schen Methode gemacht, nicht weil ich sie unter allen Umständen der von Ragsky und Heintz vorziehe, sondern weil die Harnmenge des hungernden Hundes eine sehr kleine ist. Auch durch die Bunsen'sche Methode wird nicht der Harnstoff genau bestimmt, da durch das Erhitzen mit ammoniakalischer Chlorbaryumlösung auch noch andere Harnbestandtheile, z. B. Kreatinin, Kreatin, Harnsäure, Allantoïn, die Uramidosäuren etc. Kohlensäure liefern; sie ist aber bei meiner Differenzbestimmung vollkommen ausreichend. Ich habe dieselbe nach der von Schultzen und Nencki angegebenen Modifikation ausgeführt.

Ausserdem wurde im zweiten Versuche die Gesammtstickstoffmenge des Harns nach Schneider-Seegen festgestellt.

Das Chlor wurde beim ersten und zweiten Versuche im frischen Harn nach Mohr durch Titrirung mit salpetersaurem Silber und chromsaurem Kali bestimmt. Im zweiten Versuche glühte ich zur Controle noch eine zweite Probe in einer Verbrennungsröhre mit Aetzkalk, löste in Salpetersäure und fällte das Chlor, unter Rücksichtnahme auf etwa gebildetes Cyan, mit salpetersaurem Silber. Im dritten Versuche wurde das Chlor nach Neubauer durch Verbrennen des Harns mit etwas Salpeter im Platintiegel und Titriren mit salpetersaurem Silber und chromsaurem Kali ermittelt. Die Resultate der Bestimmung im frischen und verbrannten Harn sind verschieden, indem die erstere Methode, wie auch schon anderweit bekannt, durchweg zu hohe Werthe giebt; der procentige Fehler wird um so kleiner, je mehr Chlor im Harn enthalten ist. Herr Erwin Voit hat hierüber einige Versuche angestellt; er fand Chlor in 10 ccm. Harn in mgr.:

	Harn frisch		Harn verbrannt	
	nach Mohr	gefällt und gewogen	nach Neubauer	mit Kalk
Menschenharn	56.6 56.6	55.5 55.2	54 5 54.8	54.8 —
Hundeharn	29.7 29.1	— —	17.6 18.2	— —
Hundeharn mit Kochsalz versetzt	153.0 153.0	— —	136.6 140.8 138.4	— — —

I.

In einem ersten Versuche (20—26. November 1875), bei dem vorzüglich der Ammoniakgehalt des Harns nach Salmiakeinnahme geprüft werden sollte, hatte der 23 Kilo schwere Hund vorher gewöhnliches gemischtes Fressen, zum letzten Male am 19. November Morgens, mit Knochen zur Abgrenzung des Kothes erhalten, von wo ab das Thier hungerte. Um den Einfluss der Aufnahme verschiedener Wassermengen auf die Eiweisszersetzung auszuschliessen, wurden täglich 200 ccm. Wasser gereicht, da eine gänzliche Wasserentziehung bei dem in Folge der Salmiakgaben voraussichtlich eintretenden Durste nicht für rathsam erschien. Als das Thier täglich die gleiche Harnstoffmenge (nach Liebig mit vorheriger Ausfällung des Chlors durch salpetersaures Silber) ergab, bestimmte ich an zwei Tagen ausser dem Harnstoff durch Titriren noch das Ammoniak und Chlor, und brachte ihm dann an zwei Tagen Salmiak bei, indem ich ihm jede halbe Stunde eine kleine Prise des lufttrockenen Salzes mit einem Beinlöffelchen in den Rachen strich.

Er erhielt so am 23. November 12.6111 Salmiak mit 8.3681 Chlor und 4.0073 Ammoniak, am 24. November 7.141 gr. Salmiak mit 4.7384 Chlor und 2.2691 Ammoniak.

Der Hund, welcher den Salmiak nur sehr ungerne nahm, zeigte am Abende des ersten Versuchstages kein abnormes Verhalten, dagegen traten im Laufe des zweiten Fütterungstages (24. November)

lebhafte Aeusserungen des Unbehagens und am Abende desselben leider zwei Mal Erbrechen einer bräunlich gefärbten, fadenziehenden Flüssigkeit von stinkendem Geruche und saurer Reaktion ein. Der Harn reagirte stets sauer.

Die Resultate dieses ersten Versuches finden sich in nachstehender Tabelle zusammengestellt:

	Datum 1875	Salmiak erhalten	Harn				
			Menge in ccm.	Spec. Gewicht	Chlor nach Mohr	Ammoniak	Harnstoff nach Liebig
1.	Nov. 20.	—	285	1022	—	—	11.8
2.	21.	—	300	1025	0.5827	0.4188	12.2
3.	22.	—	372	1020	0.6774	0.1501	11.3
4.	23.	12.6111	300	1032	3.8241	0.9268	13.4
5.	24.	7.141	260	1035	3.4250	1.3762	16.1
6.	25.	—	185	1033	1.2352	0.8076	12.5

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass dem Versuchsthiere während zweier Tage im Ganzen 19.7521 gr. Salmiak gegeben wurden, wovon freilich am zweiten Tage Abends ein grosser Theil wieder erbrochen wurde. Dessen ungeachtet trat schon am ersten Tage, berechnet nach der Titrirung mit salpetersaurem Quecksilberoxyd, eine Steigerung der Harnstoffmenge auf 13.4 gr., und am zweiten Tage sogar auf 16.4 gr. ein, während die Harnstoffausscheidung des folgenden Tages (25. November) nahezu wieder zum normalen Maasse abfiel. Nehmen wir die durchschnittliche normale Menge zu 11.8 gr. an, so wurde an den drei unter dem Einflusse des Salmiaks stehenden Tagen diese Zahl im Ganzen um 6.2 gr. überschritten.

Dadurch ist aber nach dem früher Bemerkten keineswegs eine Bildung von Harnstoff aus Salmiak, ja nicht einmal eine Vermehrung desselben unter dem Einflusse des Salmiaks erwiesen. Die berechneten Zahlen mussten gleich mit Misstrauen aufgenommen werden, als die Fällung mit Platinchlorid schon am ersten Tage

der Salmiakfütterung eine erhebliche Steigerung der Ammoniakausscheidung und am folgenden Tage eine noch viel beträchtlichere zeigte. Die Ammoniakmenge des Harns betrug normal im Mittel im Tag 0.2845 gr., sie erreichte aber bei den Salmiakgaben in drei Tagen die Grösse von 3.1106 gr., überstieg somit die mittlere normale Ausscheidung um 2.2572 gr. Ich habe vorher erwähnt, dass das salpetersaure Quecksilberoxyd auch Ammoniak bindet; nach meiner obigen Bestimmung verbrauchen 2.2572 gr. Ammoniak 587 ccm. der Titrirflüssigkeit und würden sonach eine Harnstoffmenge von 5.9 gr. anzeigen, so dass von der berechneten Steigerung der Harnstoffquantität (6.2 gr.) nur ein kleiner Theil als wirkliche Harnstoffvermehrung zu rechnen ist.

Das Chlor ist am Tage nach der Aufnahme des Salmiaks noch in viel grösserer Menge vorhanden, als am Normaltage, es wird also im Körper aufgespeichert. Ebenso geht die Ausscheidung des Ammoniaks nur langsam vor sich, da sich noch am Tage nach der Darreichung des Salmiaks etwa die dreifache Menge der durchschnittlichen normalen Ausscheidung vorfindet. Auffallender Weise ist aber die Abgabe des Chlors des Salmiaks eine raschere, da von diesem schon am ersten Tage unverhältnissmässig mehr erschien, während am letzten Versuchstage nur mehr die doppelte Menge der normalen vorhanden war. Ich werde auf diese Incongruenz in der Ausscheidung des Ammoniaks und des Chlors noch zu sprechen kommen. Wir sind bei diesem ersten Versuche nicht im Stande, die dem Körper im Salmiak zugeführte Ammoniakmenge mit der im Harne befindlichen zu vergleichen, da mit dem Erbrechen am zweiten Tage eine ziemlich beträchtliche und unbestimmbare Quantität Salmiak wieder entfernt wurde. Einen Maassstab für die Menge des im Darme resorbirten Salmiaks liefert jedoch die Steigerung der Chlorausscheidung im Harn. Nun war die letztere um 6.5942 gr. grösser als normal, was einer Ammoniakmenge von 3.158 gr. entspricht, wohingegen sich nur eine Zunahme von 2.2572 gr. Ammoniak fand. Dabei ist aber zu bedenken, dass das Ammoniak langsamer ausgeschieden wird als das Chlor, und dann, dass die Bestimmung des Chlors im unveraschten Harn zu hohe Resultate liefert.

Es war nothwendig, diese Verhältnisse bei einem weiteren Versuche genau zu beachten. Es ging aber schon aus diesem ersten Versuche hervor, 1) dass nach Salmiakzufuhr eine beträchtliche Menge von Ammoniak im Harn erscheint; 2) dass der Salmiak im Organismus eine Zersetzung erfährt, und das Chlor desselben rascher als das Ammoniak ausgeschieden wird; 3) dass trotz der Mängel in der Chlorbestimmung und der noch nicht völlig erfolgten Ausscheidung des Ammoniaks nahezu so viel Chlor sich findet, als nöthig ist, um das Ammoniak in Salmiak zu verwandeln; und endlich 4) dass die Vermehrung des Harnstoffs nur eine geringe sein kann, weil das bei Salmiakzufuhr im Harn befindliche Ammoniak nahezu soviel der Quecksilberlösung in Anspruch nimmt, als dabei mehr zur Austitrirung verbraucht wurde.

II.

Zur Entscheidung der noch unsicher gebliebenen Punkte habe ich an dem nämlichen Hunde vom 12—22. Januar 1876 einen zweiten Versuch gemacht, bei welchem der Harn nicht nur mit salpetersaurem Quecksilber austitrirt, sondern auch der Harnstoff nach Bunsen und der Gesammtstickstoff nach Schneider-Seegen bestimmt wurde.

Ich gab diesmal dem Thiere nur an einem Tage den Salmiak und zwar 16.6607 gr. (mit 11.055 Chlor und 5.294 Ammoniak) in kleinen Dosen. Im Uebrigen war die Anordnung die gleiche, wie bei dem ersten Versuche. Der Hund hungerte vom 12. Januar ab, nachdem er am 11. Januar Früh noch gemischtes Fressen mit viel Knochen erhalten hatte. Leider hat das Thier, da die Dosis des Salmiaks etwas zu gross genommen wurde, auch bei diesem Versuche am Abende (18. Januar) wiederholt erbrochen und zwar stets eine ziemliche Menge einer gallig aussehenden, schleimigen Flüssigkeit. Ich kann demnach auch dieses Mal lediglich die Chlorausscheidung als Maassstab für die Menge des resorbirten Salmiaks verwenden. Am 16. Januar fand eine Entleerung von Koth, zum Theil aus Knochenkoth bestehend, statt.

Ich gebe in folgender Tabelle eine Uebersicht über die bei dem Versuche erhaltenen Zahlen:

Nro.	Datum 1876	Aufnahme		Menge des Harns in ccm.	Specifisches Gewicht	Harnstoff (Liebig)	Stickstoff darin	Harnstoff (Bunsen)	Stickstoff darin	Stickstoff (direkt)	Differenz zwischen 9 und 10	Ammoniak	Chlor	
		Wasser in ccm.	Salmiak										nach Mohr	mit Kalk
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13	14.
	Jan.													
1	12.	—	—	466	1040	30.7	13.3	—	—	—	—	—	—	—
2	13.	—	—	138	1035	8.5	4.0	—	—	—	—	—	0.400	—
3	14.	—	—	164	1037	9.0	4.2	—	—	—	—	—	0.454	—
4	15.	200	—	156	1032	7.4	3.5	—	—	—	—	—	0.376	—
5	16.	200	—	220	1031	10.1	4.7	—	—	—	—	—	0.530	—
6	17.	50	—	187	1030	8.0	3.7	7.6	3.5	3.7	0.2	0.288	0.507	0.499
7	18.	200	16.661	400	1035	17.6	8 2	14.2	6.6	7.84	1.24	1.480	5.779	5.612
8	19.	200	—	157	1036	10.4	4.9	7.9	3.7	4.48	0.78	1.003	1.380	1.144
9	20.	200	—	186	1030	10.2	4.8	9.7	4.5	5.3	0.8	0.592	0.672	0.593
10	21.	64	—	125	1037	9.3	4.3	8.6	4.0	4.7	0.7	0.501	0.361	0.345
11	22.	200	20 ClNa	480	—	13.1	6.1	—	—	7.1	—	—	6.0	—

Die Resultate dieses zweiten Versuches stimmen in allem Wesentlichen mit jenen des ersten überein.

Die Chlorausscheidung in dem stets stark sauer reagirenden Harne betrug am Tage vor der Salmiakzufuhr 0.499 gr., stieg dann unter dem Einflusse des Salmiaks und sank dann wieder allmälig ab, am zehnten Hungertage bis auf 0.345 gr. Das Mittel der normalen Ausscheidung des Chlors ist also 0.422 gr., und die Mehrausscheidung durch den Salmiak 6.083 gr., was 9.167 gr. Salmiak mit 2.913 gr. Ammoniak entspricht.

Die Chlormenge im Harn war noch zwei Tage nach der Salmiakgabe ansehnlich vermehrt; es findet demnach auch hier eine Zurückhaltung von Chlor und ebenso von Ammoniak im Körper statt. Es zeigt sich abermals, dass das Ammoniak länger im Organismus verweilt als das Chlor; denn während am dritten Tage nach der Salmiakfütterung die Ausscheidung des Chlors zur normalen zurückgekehrt war, ist die des Ammoniaks an diesem Tage noch wesentlich höher als normal.

Der Salmiak brachte eine ansehnliche Vermehrung des Ammoniaks im Harn hervor. Die Mehrausscheidung an Ammoniak gegenüber der normalen betrug 2.425 gr., während dem Plus des Chlors 2.913 gr. entsprechen. Das kleine Deficit an Ammoniak

erklärt sich leicht dadurch, dass am letzten Versuchstage noch immer 0.213 gr. Ammoniak über die normale Menge sich finden, also die Ammoniakausscheidung mit dem dritten Tage nach der Salmiakzufuhr noch nicht ganz beendet ist, und dass höchst wahrscheinlich an den späteren Hungertagen normal weniger Ammoniak mit Platinchlorid gefunden wird als an den ersten, wodurch dann eine geringere Grösse von der bei der Salmiakfütterung ausgeschiedenen Ammoniakmenge in Abzug zu kommen hätte. Im Uebrigen ist der fehlende Rest so klein, dass er bei einem so complicirten analytischen und rechnerischen Verfahren beinahe innerhalb der Fehlergrenzen liegt.

Dass ein grosser Theil des verzehrten Salmiaks nicht resorbirt worden war, zeigte die in der erbrochenen Flüssigkeit vorgenommene Chlorbestimmung, bei welcher 4.0062 gr. Chlor gefunden wurden. Rührte dieses Chlor alles vom Salmiak her, dann sind 7.049 Chlor vom Salmiak in die Säfte aufgenommen worden, dem auch die Mehrausscheidung von 6.083 gr. Chlor entsprach.

Stehe ich nun in Bezug auf die Ammoniakausscheidung auch diesmal in vollständigem Widerspruche mit Knieriem und in Uebereinstimmung mit Neubauer und Lohrer, so bestätiget andrerseits dieser zweite Versuch, dass in Folge der Salmiakzufuhr wirklich eine beträchtliche Vermehrung der Harnstoffausscheidung eintreten kann. Denn während die nach Bunsen bestimmte Harnstoffmenge an dem Normaltage 7.6 gr. beträgt, steigt sie am Salmiaktage bis auf 14.2 gr. Auch an den folgenden Tagen ist sie noch etwas erhöht, so dass im Ganzen in vier Tagen um 10 gr. Harnstoff mehr ausgeschieden werden, als in der gleichen Zahl von Normaltagen erschienen wären.

Die Titrirung mit salpetersaurem Quecksilberoxyd lässt höhere Zahlen für den Harnstoff berechnen, als nach Bunsen bestimmt worden sind, und zwar:

6)	+ 0.4 gr. $\overset{+}{\text{Ur}}$.	Ammoniak im Harn	0.288
7)	+ 3.4 „ „	„ „ „	1.480
8)	+ 2.5 „ „	„ „ „	1.003
9)	+ 0.5 „ „	„ „ „	0.592
10)	+ 0.7 „ „	„ „ „	0.501



Normal giebt die Titrirung höhere Werthe als die Bestimmung nach Bunsen, da bei ersterer noch andere Stoffe als der Harnstoff gefällt werden; besonders gross aber ist der Unterschied an den Tagen, welche unter dem Einflusse der Salmiakfütterung stehen, so dass das durch die Titrirung erhaltene Plus geradezu im Verhältniss steht zu der Ammoniakmenge im Harn. Durch das Bunsen'sche Verfahren wird das Ammoniak nicht mit dem Harnstoff bestimmt, wohl aber durch das Liebig'sche, so zwar, dass bei letzterem unverhältnissmässig viel Harnstoff und Stickstoff sich berechnet, weil das Ammoniak mehr von der Lösung beansprucht als der Harnstoff. Deshalb erscheint die nach Liebig ermittelte Harnstoff- und Stickstoffmenge grösser, als sie in Wirklichkeit ist. Es ist darnach keinem Zweifel unterworfen, dass nach Salmiakgaben ein Stoff in den Harn übertritt, der nicht Harnstoff ist und nach obigen Darlegungen nur Ammoniak sein kann; würde, wie Knieriem will, das aufgenommene Ammoniak nicht als solches, sondern als Harnstoff ausgeschieden, so dürfte die Harnstoffbestimmung nach Liebig gegenüber der nach Bunsen unter dem Einflusse des Salmiaks kein grösseres Plus zeigen als normal.

Analog der wahren Harnstoffausscheidung (nach Bunsen) nimmt auch die direkt bestimmte Gesammtstickstoffausscheidung zu. Normal ergiebt letztere selbstverständlich etwas höhere Werthe, als sich aus der Harnstoffbestimmung nach Bunsen berechnet. An den Tagen, an welchen im Harn mehr Ammoniak gefunden wurde, wird jedoch die Differenz wesentlich grösser, wie Rubrik 11 ergiebt, und zwar ziemlich entsprechend dem im Ammoniak enthaltenen Stickstoff. Dies dürfte ebenfalls nicht stattfinden, wenn das Ammoniak des Salmiaks in Harnstoff übergehen würde.

Trotzdem der Nachweis des Ammoniaks im Harn, und der Vergleich der durch die Titrirung mit salpetersaurem Quecksilberoxyd, durch das Erhitzen mit ammoniakalischer Chlorbaryumlösung und durch die Verbrennung mit Natronkalk berechneten oder gefundenen Stickstoffmengen darthut, dass das Ammoniak des Salmiaks als solches wieder entfernt wird, findet sich doch im zweiten Versuche durch den Salmiak eine Vermehrung des Harnstoffs. Da diese nach dem Gesagten nicht von einer Umwandlung des Ammoniaks

des Salmiaks in Harnstoff herrühren kann, so bleibt nichts anderes übrig, als sie auf eine Steigerung des Eiweisszerfalles unter dem Einflusse des Salmiaks zurückzuführen.

Es findet also beim Salmiak ganz das Gleiche statt, wie es von Voit schon längst für das Chlornatrium nachgewiesen worden ist. Es wäre auffallend, wenn dies nicht so gewesen wäre[1]). Ich habe, um das durchaus gleiche Verhalten recht schlagend nachzuweisen, dem Hunde unmittelbar anschliessend an den Salmiakversuch 20 gr. Kochsalz (mit 12.1 gr. Chlor) gegeben, wovon noch am nämlichen Tage 6 gr. Chlor im Harn wieder ausgeschieden wurden. Die Folge war eine Vermehrung der Harn- und Harnstoffausscheidung, und zwar in ähnlichem Maasse wie bei der Salmiakzufuhr; hier ergab die Titrirung nach Liebig nicht den Ueberschuss an Stickstoff gegenüber der direkten Bestimmung wie bei dem Salmiak, sondern ein Deficit, weil dabei kein Ammoniak in den Harn überging; da auch bei der Salmiakreihe in dem durch die Verbrennung ermittelten Stickstoff des Harns der Stickstoff des zugeführten Ammoniaks steckt, so ist die beim Salmiakversuch nach Bunsen gefundene Stickstoffmenge mit der beim Kochsalzversuch durch die Verbrennung gefundenen zu vergleichen. Voit hat die Vermehrung der Eiweisszersetzung unter dem Einflusse des Kochsalzes durch eine, von dem Salz veranlasste, vermehrte Circulation der Ernährungsflüssigkeit durch die Organe zu erklären versucht, wobei dann mehr Eiweiss wie sonst unter die Bedingungen des Zerfalles geräth. Das Gleiche hat Voit als Wirkung reichlicher Wasserzufuhr nachgewiesen, aber nur dann, wenn darnach die Harnmenge zunimmt. Ganz ebenso scheint es auch zu sein bei der durch die Chloralkalien hervorgerufenen Zunahme des Eiweissverbrauchs; denn bei meinem

1) Dehn (Arch. f. d. ges. Physiol. 1876. Bd. 13. S. 367) hat nach Aufnahme von Chlorkalium an sich ebenfalls eine Harnstoffvermehrung gefunden und erklärt sie durch eine Steigerung des Stoffwechsels, welche für das Chlornatrium schon seit langem festgestellt ist. Wenn Dehn auch nach Aufnahme von Fleischextrakt und Kaffee eine Harnstoffvermehrung findet, so rührt dies in erster Linie von dem in diesen Genussmitteln eingeführten Stickstoff her und nicht von ihrem Chlorkaliumgehalt, wie Dehn meint. Voit hat zur Bestimmtheit erwiesen, dass der Kaffee keine Aenderung der Eiweisszersetzung macht. (Einfluss des Kaffees etc. auf den Stoffwechsel, 1860.)

ersten Versuche, wobei durch den Salmiak die Harnmenge keine Steigerung zeigte, war auch keine solche in der Harnstoffausscheidung (nach Berücksichtigung des im Harn enthaltenen Ammoniaks) zu finden, ganz anders als beim zweiten Versuche, wo bei reichlicherer Harnmenge auch die Harnstoffmenge von 7.6 gr. auf 14.2 gr. stieg. Warum in dem einen Falle die Harnmenge zunahm, in dem anderen nicht, will ich vorläufig nicht näher untersuchen.

Es geht nun auch aus meinen beiden Versuchen die merkwürdige Thatsache hervor, dass im Körper eine Zerlegung des Salmiaks stattfindet, da das Chlor desselben, und zwar gebunden an Alkalien, in kurzer Zeit ausgeschieden wird, das Ammoniak aber, wahrscheinlich mit Phosphorsäure vereiniget, nur sehr langsam im Harne erscheint.

Die Vermehrung der Ammoniak- und Chlormenge im Harne bei der Salmiakfütterung ist nämlich durchaus nicht so, dass die beiden sich an den einzelnen Tagen zu Salmiak ergänzen, wie die folgende kleine Uebersicht darthut:

	Plus an Ammoniak im Harn	dazu nöthiges Chlor	Plus an Chlor im Harn
1) Salmiak	0.642	1.341	3.194
Salmiak	1.092	2.280	2.795
0	0.523	1.092	0.605
2) Salmiak	1.192	2.489	5.190
0	0.715	1.493	0.722
0	0.304	0.635	0.171
0	0.213	0.445	0

Es wird an den Tagen der Salmiakzufuhr demnach sehr viel Chlor entfernt, viel mehr als dem ausgeschiedenen Ammoniak, um es zu Salmiak zu ergänzen, entspricht; an den folgenden Tagen tritt dagegen umgekehrt verhältnissmässig viel mehr Ammoniak und weniger Chlor auf.

Dass dabei das Chlor des Salmiaks Alkali im Körper in Beschlag nimmt, geht aus der Ausscheidung der Alkalien im Harne hervor. Bei der Ammoniakbestimmnng nach Heintz wird be-

kanntlich zuerst durch das Platinchlorid neben dem Ammoniak auch das Kalium und zum Theil das Magnesium gefällt; der geglühte Niederschlag wird dann mit verdünnter Salzsäure ausgezogen und im Filtrate mit Platinchlorid das Kalium und Magnesium niedergeschlagen. Die Menge dieses, grösstentheils aus Kaliumplatinchlorid bestehenden, Niederschlages stieg nun unter dem Einflusse des Salmiaks in beiden Versuchen um das Doppelte, und sank sodann nach zwei Tagen allmälig bis unter die vorausgehende normale Ausscheidungsgrösse herab, so dass sie nur mehr die Hälfte der letzteren ausmachte. Es betrug nämlich die Ausscheidung von Kalium in 24 Stunden:

im ersten Versuche:

		Kalium
2)	—	0.0749
3)	—	0.1916
4)	Salmiak	0.8402
5)	Salmiak	0.3801
6)	—	0.0403

im zweiten Versuche:

6)	—	0.6889
7)	Salmiak	2.7762
8)	—	0.2133
9)	—	0.0737
10)	—	0.0198

Durch den Ueberschuss des Salmiaks wird demnach offenbar das im Körper befindliche phosphorsaure Alkali zerlegt, und Chlorkalium und phosphorsaures Ammoniak gebildet. Liebig hat bekanntlich gefunden, dass beim Zusammenbringen von phosphorsaurem Kali und Chlornatrium die beiden Salze ihre Säuren austauschen, und Bunge[1]) hat diesen Austausch auch für den Thierkörper nachgewiesen, indem er darthat, dass bei Zufuhr von phosphorsaurem Kali mehr Chlor und Natron im Harn auftritt, während das Kali nur langsam ausgeschieden wird. — Beim Salmiak haben

1) Diese Zeitschrift 1873. Bd. 9. S. 104.

wir demnach einen ganz ähnlichen Vorgang, eine Entziehung von Kali und zeitweilige Aufspeicherung von Ammoniak im Körper.

III.

Nach den bei den beiden vorigen Versuchen gemachten Erfahrungen beschloss ich, dem Thiere nur an einem Tage eine nicht zu grosse Dosis Salmiak zu geben, um vor der Entleerung eines unbekannten Theiles desselben durch Erbrechen sicher zu sein. Es sollte dabei die Ammoniakausscheidung im Harn längere Zeit verfolgt werden.

Es wurde diesmal ein grosser, 40 Kilo schwerer, wohl abgerichteter Hund verwendet, und demselben, nachdem durch mehrtägigen Hunger die Harnstoffausscheidung constant geworden war, am 25. Oktober 1876 10 gr. Salmiak mit 6.6355 gr. Chlor und 3.1776 gr. Ammoniak den Tag über in kleinen Portionen beigebracht. Dadurch wurde erreicht, dass stets nur geringe Mengen von Salmiak in das Blut gelangten und die gehörige Zeit zur Umwandlung desselben gegeben war.

Der Hund erhielt täglich die gleiche Menge Wasser (300 ccm.), um eine Aenderung in der Harnstoffausscheidung durch ungleiche Aufnahme von Flüssigkeit zu verhüten.

In dem stets sauer reagirenden Harne machte ich die Bestimmung des Harnstoffs nach Liebig und Bunsen, die des Gesammtstickstoffs nach Schneider-Seegen, des Ammoniaks mit Platinchlorid, des Chlors in dem frischen und in dem mit etwas Salpeter veraschten Exkrete durch Titrirung mit salpetersaurem Silber, und endlich des Schwefels nach dem Verbrennen mit Kali und Salpeter im Silbertiegel.

Die Resultate aller dieser Analysen sind in der folgenden Tabelle enthalten:

Nro.	Datum 1876	Salmiak erhalten	Harnmenge in ccm.	Specifisches Gewicht	Harnstoff (nach Liebig)	Stickstoff darin	Harnstoff (nach Bunsen)	Stickstoff darin	Stickstoff (direkt)	Ammoniak	Chlor (nach Mohr)	Chlor (nach Neubauer)	Schwefelsäure
	Okt.												
1	19.	—	715	1021	21.3	9.9	—	—	—	—	0.8680	—	—
2	20.	—	512	1021	15.2	7.1	—	—	—	—	0.6526	—	—
3	21.	—	545	1022	17.4	8.0	—	—	—	—	0.7823	—	—
4	22.	—	455	1021	14.5	6.7	—	—	—	—	0.8285	—	—
5	23.	—	435	1021	15.3	7.1	—	—	—	—	0.6865	—	—
6	24.	—	405	1023	15.9	7.4	14.8	6.9	7.1	0.6291	0.6883	0.5081	1.0865
7	25.	10	696	1021	23.2	10.8	20.8	9.7	10.3	1.1285	3.5910	3.0418	1.6098
8	26.	—	545	1020	18.2	8.5	16.0	7.5	7.8	1.1323	2.4480	1.8967	1.1554
9	27.	—	470	1022	17.5	8.2	16.1	7.5	7.8	0.9748	1.5120	1.1221	1.1877
10	28.	—	455	1021	16.9	7.9	15.7	7.3	7.8	0 8118	1.0771	0.7181	1.1591
11	29.	—	460	1021	16.3	7.6	15.6	7.3	7.4	0.7120	0.7539	0.4281	1.1146
12	30.	—	453	1021	16.9	7.9	15.6	7.3	7.6	0.6862	0.6049	0.3300	1.1325
13	31.	—	567	1020	20.8	9.7	20.1	9.4	9.3	0.6594	0.3442	0.1606	1.4068
	Nov.												
14	1.	10ClNa	650	1021	19.7	9.2	18.3	8.5	8.7	0.5195	2.0122	1.6834	1.5561
15	2.	—	462	1020	12.9	6.0	—	—	5.8	0.1829	1.1217	0.8226	1.2499
16	3.	—	575	1019	16.0	7.5	—	—	7.1	0.3913	1.0820	0.7678	1.3156
17	4.	—	455	1020	13.1	6.1	—	—	5.9	0.4140	0.8009	0.5708	0.9178
18	5.	—	468	1020	13.5	6.3	—	—	6.0	0.3945	0.5966	0.3788	0.9271

Ich betrachte zuerst die Verhältnisse der Chlorausscheidung im Harne. Die Menge des Chlors betrug vor der Zufuhr des Salmiaks 0.5081 gr. und stieg in Folge der Aufnahme von 10 gr. Salmiak mit 6.6355 gr. Chlor am 25. Oktober auf 3.0418 gr. und fiel von da während 6 Tagen allmälig ab bis auf 0.3300 gr. Wenn demnach im Mittel normal im Harn 0.4190 gr. Chlor (Mittel von 0.5081 und 0.3300) enthalten sind, so wurden unter dem Einflusse des Salmiaks an fünf Tagen 5.1118 gr. Chlor entfernt, während im Salmiak 6.6355 gr. gegeben worden waren; es konnten nur 77 % des gegebenen Chlors gefunden werden.

Daraus geht hervor, dass das in die Säfte gelangte Chlor lange Zeit darin zurückgehalten und erst ganz allmälig ausgeschieden werden kann, was dann auch mit dem Ammoniak stattfindet. Dass dies nicht nur mit dem Chlor des Salmiaks der Fall ist, zeigt der

Erfolg der Aufnahme von 10 gr. Chlornatrium mit 6.07 gr. Chlor am 1. November; am fünften Tage nach der Einführung des Chlornatriums wird immer noch davon im Harn ausgeschieden, und es erscheinen von 6.07 gr. Chlor in diesem Zeitraum höchstens 3 gr. (2.57 gr.) im Harne wieder, alles Uebrige wird im Körper zurückgehalten. Dieses Verhalten zeigt, dass hier eigenthümliche Verhältnisse obwalten und man aus dem Erfolge eines oder zweier Tage nach der Aufnahme des Salmiaks oder Chlornatriums noch nicht auf deren weiteres Schicksal schliessen darf; man könnte ebensogut aus dem Ergebnisse des Chlornatriumversuchs, aus dem Nichterscheinen dieses Salzes und der gleichzeitigen Vermehrung des Harnstoffs entnehmen, dass das Chlornatrium in Harnstoff umgewandelt worden sei.

Zugleich mit dem Chlor trat in Folge der Einnahme des Salmiaks auch mehr Ammoniak im Harn auf. Die Menge des Ammoniaks nahm vom 25. Oktober an allmälig ab und hatte am 31. Oktober noch nicht die normale Grösse erreicht. Ich gab nun am 1. November 10 gr. Chlornatrium, um das im Körper noch befindliche Ammoniak auszutreiben. Offenbar war mit dem 1. November das Ammoniak entfernt, denn am 3., 4. und 5. November blieb sich die Menge desselben ziemlich gleich; das Resultat des 2. November, an dem weniger Ammoniak auftrat, ist mir nicht klar geworden. Nimmt man als Mittel am Normaltage 0.5102 gr. (Mittel von 0.6291 und 0.3913), so finden sich im Harn in 8 Tagen 2.5429 gr. Ammoniak. Mit dem Salmiak waren 3.178 gr. Ammoniak eingeführt worden und 2.5429 gr. = 80 % wurden wieder erhalten. Ist nun die noch fehlende Menge von Ammoniak in Harnstoff übergegangen? Niemand wird dies annehmen, wenn man bedenkt, dass vom Chlor des Salmiaks auch ein gewisser Theil abgeht. Die fehlenden 1.5237 Chlor entsprechen 0.730 Ammoniak, und 0.635 Ammoniak mangelten. Es kann daher keinem Zweifel unterworfen sein, dass der Salmiak wie das Chlornatrium ausserordentlich lange im Körper zurückbleibt oder vielmehr einen Bestandtheil der Säfte ausmachen kann, der erst nach und nach entfernt wird, wie z. B. unter dem Einflusse des Chlornatriums. Diese Thatsache erklärt offenbar wenigstens einen Theil der von Anderen

erhaltenen Resultate; wenn in wenigen Tagen nicht alles dargereichte Ammoniak wieder aufgefunden wird, so braucht es nicht in eine andere Verbindung übergegangen zu sein, es kann einfach im Körper stecken.

Der Salmiak wird jedoch nicht ausschliesslich im Blute und den Säften zurückgehalten, er verweilt auch auffallend lange im Darmkanale. Ich werde auf dieses Verhalten in einer weiteren Abhandlung noch näher zu sprechen kommen. Ich bemerke hier nur, dass am 1. November um 11 Uhr Vormittags nach 13tägigem Hunger zum ersten Male Koth entleert wurde, welcher 155.9 gr. trocken wog, und 1.9878 gr. Chlor enthielt. Nach Beschluss des Versuches erschienen (von fünf Tagen) noch 69.8 gr. trockener Koth mit 0.1473 gr. Chlor. Es hätten demnach in 155.9 gr. Koth nur 0.3290 gr. Chlor enthalten sein sollen; es waren aber 1.6588 gr. Chlor mehr darin, welche nur von dem Salmiak herrühren können. Der erstere Koth reagirte deutlich sauer, letzterer war neutral. Die 1.6588 gr. Chlor im Koth decken annähernd die im Harn nicht aufgefundenen 1.5237 gr. Chlor. 1.6588 gr. Chlor entsprechen 0.794 gr. Ammoniak; im Harn fehlten aber 0.6351 gr. Ammoniak.

Auch hier sind an den einzelnen Tagen Chlor und Ammoniak nicht in solcher Menge im Harn, dass sie sich zu Salmiak ergänzen. Es ergiebt sich nämlich:

	Plus an Ammoniak im Harn	Dazu nöthiges Chlor	Plus an Chlor im Harn
Salmiak	0.62	1.29	2.62
0	0.62	1.30	1.48
0	0.47	0.97	0.70
0	0.30	0.63	0.30
0	0.20	0.42	0.01

d. h. es geht am ersten Tage wesentlich mehr Chlor in den Harn über, als dem im Harn befindlichen, von dem Salmiak herrührenden, Ammoniak entspricht; bald aber tritt das Umgekehrte ein, indem mehr Ammoniak im Harn sich findet, als das im Harn enthaltene und vom Salmiak stammende Chlor zur Ergänzung zu Salmiak nöthig hat. Es thut dies wiederum dar, dass eine Spaltung des Salmiaks eintritt und das Ammoniak desselben langsamer aus dem Körper entfernt wird als das Chlor.

Durch die Aufnahme von 10 gr. Salmiak am 25. Oktober stieg der nach Bunsen bestimmte Harnstoff unter Ausscheidung einer grösseren Harnmenge von 14.8 gr. auf 20.8 gr. und blieb noch während fünf Tagen höher als normal[1]). Die Gesammtvermehrung des Harnstoffs beträgt in sechs Tagen etwa 11 gr.

Auch hier erhält man durch die Titrirung mit salpetersaurem Quecksilberoxyd höhere Zahlen als durch die Bestimmung nach Bunsen, nämlich:

	Harnstoff	Ammoniak im Harn
6)	+ 1.1	0.629
7)	+ 2.4	1.129
8)	+ 2.2	1.132
9)	+ 1.4	0.975
10)	+ 1.2	0.812
11)	+ 0.7	0.712
12)	+ 1.3	0.686

Auch ohne Zufuhr von Salmiak giebt, wie bei Versuch II, die Titrirung höhere Werthe als die Bestimmung nach Bunsen, denn es werden durch das Quecksilber, wie Voit zuerst nachgewiesen hat, ausser dem Harnstoff noch andere Stoffe gefällt. Viel grösser ist jedoch die Differenz bei der Aufnahme von Salmiak, und es steigt und fällt das bei der Titrirung erhaltene Plus mit der Menge des im Harn enthaltenen Ammoniaks. Dies kömmt, wie gesagt, daher, dass durch das Ammoniak ebenfalls Quecksilber in Beschlag genommen wird und zwar in grösserer Quantität als durch den Harnstoff. Es geht also nach Aufnahme von Salmiak wiederum ein Stoff in den Harn über, der nicht Harnstoff ist und nach den Ergebnissen der Ammoniakbestimmung nur Ammoniak sein kann. Es müsste die Differenz der durch die Titrirung und die Bunsen'sche Methode erhaltenen Zahlen die gleiche bleiben, wenn der Salmiak in Harnstoff verwandelt würde, was aber nicht der Fall ist.

Vergleicht man die Zahlen des nach der Bunsen'schen Bestimmung berechneten Stickstoffs mit den durch die direkte Stick-

---

1) Am 12. Versuchstage wurde in der Frühe der Harn nicht ganz entleert, daher am 13. Tage mehr Harn mit mehr Stickstoff erschien. Ebenso war es am 15. Tage der Fall, wo ebenfalls am 16. mehr Stickstoff auftrat.

stoffbestimmung erhaltenen, so ergiebt sich für die unter dem Einflusse des Salmiaks stehenden Tage abermals eine grössere Differenz, was nur dann stattfinden kann, wenn dabei ausser Harnstoff noch ein stickstoffhaltiger Körper (Ammoniak) in den Harn übergeht.

Nach den Bunsen'schen Bestimmungen bringt der Salmiak eine Vermehrung der Harnstoffausscheidung hervor, welche aber nach der Chlor- und Ammoniakuntersuchung nicht von einem Uebergang des Ammoniaks des Salmiaks in Harnstoff, sondern nur von einem grösseren Eiweisszerfall durch den Salmiak herrühren kann. Ich habe, um die vermehrte Eiweisszersetzung darzuthun, auch den im Harn enthaltenen Gesammtschwefel durch Verbrennen mit Kali und Salpeter im Silbertiegel als Schwefelsäure bestimmt. Es zeigte sich an den Salmiaktagen eine bemerkbare Steigerung der Schwefelsäureausscheidung. Am Normaltage wurden, nach der direkten Stickstoffbestimmung berechnet, 209 gr. Fleisch mit 1.129 gr. Schwefelsäure zersetzt, während 1.0865 gr. Schwefelsäure im Harn sich vorfanden; Tags darauf nach der Aufnahme des Salmiaks (nach der Bunsen'schen Bestimmung berechnet) 285 Fleisch mit 1.519 gr. Schwefelsäure, während 1.6098 gr. Schwefelsäure im Harn enthalten waren. Nach den Bunsen'schen Analysen ergab sich an den sechs Salmiaktagen eine Mehrausscheidung von 11 gr. Harnstoff = 151 gr. Fleisch = 0.815 gr. Schwefelsäure; die Schwefelsäure im Harn zeigte an diesen sechs Tagen eine Vermehrung von 0.840 gr. Es ist also keinem Zweifel unterworfen, dass eine der vermehrten Harnstoffausscheidung entsprechende Steigerung der Eiweisszersetzung vorhanden ist. Auch unter dem Einflusse des Chlornatriums war die grössere Harnstoffmenge von einer entsprechenden Vermehrung der Schwefelsäure im Harn begleitet. —

Ich habe, nachdem ich durch alle diese Versuche erkannt hatte, worauf man bei Beantwortung der vorliegenden Frage sein Augenmerk richten müsse, noch einen weiteren Versuch angestellt. Der Hund, der zu dem III. Versuche gedient hatte, wurde mit 500 gr. Fleisch und 120 gr. Fett ernährt und ihm dann unter dieser Nahrung während sechs Tagen täglich 5 gr. Salmiak gegeben. Es sollte zunächst durch die Beigabe von Fleisch und Fett die zu starke Wirkung des Salmiaks vermieden werden, und es sollte ferner durch

die längere Darreichung des Salmiaks die Sättigung des Körpers mit Salmiak erreicht werden, wie es offenbar bei den Versuchen von Neubauer der Fall war. Der Versuch ist fertig, es sind nur noch die Ammoniakbestimmungen mit Platinchlorid, welche sehr viel Zeit erfordern, zu vollenden. Ich wollte mit meinen Mittheilungen jedoch nicht mehr zuwarten und verspare mir die Veröffentlichung der Resultate des letzten Versuches für spätere Zeit.

Es hat sich bis jetzt aus meinen Versuchen herausgestellt, dass beim Hund das Ammoniak des Salmiaks nach und nach im Harn wieder ausgeschieden wird, und ausserdem mehr Harnstoff in Folge einer reichlicheren Eiweisszersetzung auftritt. Es frägt sich noch, wie man dies mit den Resultaten von Knieriem und Salkowski in Uebereinstimmung bringen kann. Ich habe durchaus nicht die Absicht, die mit aller Genauigkeit und Sorgfalt angestellten Versuche meiner Vorgänger einer Kritik zu unterwerfen; ich habe nur das Bestreben zu suchen, wo allenfalls der Grund zu den differirenden Schlussfolgerungen liegt.

Knieriem hat zwei Versuche über das Schicksal des Salmiaks im Organismus angestellt, einen am Hunde und einen am Menschen, und zwar mit genauester Berücksichtigung der Kost und Bestimmung des Gesammt-Stickstoffs, des Harnstofts (nach Bunsen), des Ammoniaks (nach Schlösing), des Chlors, der Schwefelsäure im sorgfältigst aufgesammelten Harn und des Stickstoffs im Kothe; er schloss daraus, dass von dem im Ammoniak eingeführten Stickstoff der bei weitem grösste Theil ($^{9}/_{10}$) in Harnstoff austritt und nur ein kleiner Bruchtheil ($^{1}/_{10}$) in Form von Ammoniak den Körper verlässt.

Der 4 Kilo schwere Hund erhielt täglich 100 gr. grobes Roggenbrod, 100 ccm. Milch und 200 ccm. Wasser, wobei er im Tage um 30—40 gr. an Gewicht abnahm. Als die Stickstoffausscheidung im Harn annähernd gleichmässig geworden war, erhielt der Hund zu seiner gewöhnlichen Kost am achten Versuchstage 4 gr. Salmiak (mit 1.046 gr. Stickstoff) zugesetzt. Die Folge war, dass die Harnstoffmenge an zwei Tagen um 2.013 gr. (mit 0.939 gr. Stickstoff) zunahm; der kleine Rest des Stickstoffs (0.107 gr. = 0.13 gr. Ammoniak) trat im Ammoniak aus, welches nach ihm 0.111 gr.

wog; das Chlor des Salmiaks fand sich innerhalb dreier Tage vollständig im Harn vor.

Ich halte es für sehr schwierig, bei einem so kleinen Thiere den Harn von dem betreffenden Tage völlig zu erhalten. Im Uebrigen kömmt es vor Allem auf das im Harn befindliche Ammoniak an; da nun das Verfahren von Schlösing beim Hundeharn, wie Voit schon hervorgehoben hat, trügerisch ist und Knieriem selbst sagt, dass er für die Anwendbarkeit dieser Methode beim Hundeharn nicht stehen kann, so ist damit seinem Versuche beim Hunde die Spitze abgebrochen.

Es sind auch die Berechnungen des durch den Salmiak ausgeschiedenen Ammoniaks nach meiner Meinung nicht ganz richtig. Er zählt nämlich zu den Tagen der normalen Ammoniakausscheidung auch den 12. und 13. März, welche sicher noch unter dem Einflusse des Salmiaks stehen, da nach allen Erfahrungen das Ammoniak nur langsam ausgeschieden wird; wenn am 12. März noch mehr Chlor auftritt als normal, so ist dies nach meinen und Lohrer's Erfahrungen in noch höherem Maasse für das Ammoniak der Fall. Die mittlere Ammoniakmenge an den zwei, der Salmiakzugabe vorausgehenden Tagen betrug 0.142 gr. und das Plus an den vier folgenden Tagen 0.192 gr. (= 0.159 gr. Stickstoff), was allerdings nur ein kleiner Theil der aufgenommenen Menge von 1.046 gr. ist.

Die Ammoniakbestimmungen im Harn nach Schlösing's Verfahren gaben ihm Zahlen, welche, auf Stickstoff berechnet, sogar grösser sind als die Differenzen zwischen dem direkt im Harn gefundenen und dem aus dem Harnstoff berechneten Stickstoff[1]; wenn also nach Salmiakgebrauch mehr Ammoniak im Harn aufgetreten wäre, so hätte die genannte Differenz an den Salmiaktagen wesentlich grösser ausfallen müssen als an den Normaltagen, d. h. es hätte an den Salmiaktagen ansehnlich mehr Gesammtstickstoff

1) Knieriem meint, dass dies eine Zersetzung des Harnstoffs durch das Schlösing'sche Verfahren darthue; mir ist es wahrscheinlicher, dass andere stickstoffhaltige Stoffe dies bewirkt haben.

sich finden müssen, als aus dem nach Bunsen bestimmten Harnstoff sich berechnete, was nicht der Fall war.

Es steht dies, wie auch die Ammoniakzahlen im Harn, in direktem Widerspruch zu den Resultaten meiner Bestimmungen.

Knieriem dachte offenbar daran, ob die Harnstoffvermehrung nicht von einer grösseren Eiweisszersetzung herrühren könne, denn er stellte zu dem Zwecke Schwefelsäurebestimmungen an. Da diese aber an den Salmiaktagen keine Vermehrung anzeigten, so schloss er diese Vermuthung aus. Aber ich glaube, dass die einer solchen Mehrzersetzung an Eiweiss entsprechende Schwefelsäurevermehrung nur schwer nachzuweisen ist, denn einer Vermehrung des Harnstoffs um 2.013 gr. an 2 Tagen entsprechen 28 gr. frischem Fleisch mit 0.151 gr. Schwefelsäure, oder nur 0.075 gr. Schwefelsäure für einen Tag. Ausserdem giebt Knieriem nicht an, wie er die Schwefelsäure im Harn bestimmt hat. Es scheint fast, als ob er dieselbe nur durch Chlorbaryum ausgefällt hat, während bekanntlich im Hundeharn sich noch eine bedeutende Menge Schwefel in anderer Form findet, die bei Beurtheilung des Eiweissumsatzes natürlich mit zugezogen werden muss. 100 gr. Roggenbrod geben nach Voit 0.366 gr. Schwefelsäure, 100 ccm. Milch (= 102.64 gr.) geben nach mir im Mittel aus zwei Bestimmungen 0.108 gr. Schwefelsäure; es waren demnach in der täglichen Kost des Hundes 0.474 gr. Schwefelsäure enthalten. Der Hund gab dabei im Durchschnitt etwa 9.4 gr. Fleisch mit 0.050 gr. Schwefelsäure ab, so dass im Harn und Koth sich etwa 0.524 gr. Schwefelsäure auffinden lassen mussten. Da nun der Hund im Mittel im Tag 10 gr. trockenen Koth entleerte, so treffen auf diesen (bei höchstens 2 % Schwefelsäure nach Voit) 0.2 gr. Schwefelsäure, so dass im Harn noch 0.324 gr. enthalten sein müssen, während Knieriem darin nur 0.132 Schwefelsäure im Mittel angiebt.

Den zweiten Versuch stellte Knieriem am Menschen an, zunächst um zu sehen, ob sich die Sache bei ihm wie beim Hunde verhalte, und dann um dem Einwande wegen der Unzulässigkeit der Ammoniakbestimmung im Hundeharn nach Schlösing zu begegnen. Es wurde an zwei Tagen Salmiak gegeben, am ersten 6.0 gr., am zweiten 4.5 gr.

Er legte dabei besonderes Gewicht auf die Ammoniakausscheidung im Harn und zwar mit Recht, da eine Vermehrung des Harnstoffs um einige Grammen beim Menschen, wegen der Schwierigkeit der Gleichhaltung der Nahrung, nur sehr schwer zu erkennen ist; er unterliess deshalb hier die Chlor- und Schwefelsäurebestimmungen.

Knieriem findet von 3.34 gr. im Salmiak gegebenen Ammoniak mit 2.747 gr. Stickstoff nur 0.397 gr. Ammoniak mit 0.327 gr. Stickstoff im Harn wieder auf; dagegen ist der Harnstoff um 4.99 gr. (mit 2.329 gr. Stickstoff) vermehrt. Es ist auffallend, dass hier an den Salmiaktagen die Differenz zwischen dem nach Bunsen bestimmten, im Harnstoff enthaltenen Stickstoff und dem Gesammtstickstoff wesentlich zunimmt. Es berechnet sich aus dieser Differenz eine weit grössere Menge von Ammoniak, als von Knieriem durch den Versuch gefunden worden ist.

Während bei dem ersten Versuche Knieriem's wie bei meinem ersten durch den Salmiak die Harnmenge nicht grösser wurde, war dies in hohem Grade bei seinem zweiten Versuche am Menschen der Fall. Es muss bei einer solchen Steigerung des Säftekreislaufs ohne Zunahme der Wasseraufnahme mehr Eiweiss im Körper zersetzt worden sein, woraus sich leicht die Vermehrung des Harnstoffs erklären liesse.

Nachdem meine Abhandlung ganz niedergeschrieben war, erschien die überaus werthvolle Arbeit von Knieriem[1]) über das Verhalten der im Säugethierkörper als Vorstufen des Harnstoffes erkannten Verbindungen zum Organismus der Hühner, in der er für die Hühner zu dem Schlusse kommt, dass diese nicht die Fähigkeit besitzen, eingeführtes Ammoniak weiter zu verwandeln, da dasselbe als solches den Körper wieder verlässt. Er bemerkt, dass er nicht gleich ungetrübte Resultate erhalten habe, hauptsächlich wegen der Eigenschaft der Ammoniaksalze, die Eiweisszersetzung im Körper zu steigern und auch deshalb, weil das eingeführte Salz nicht an einem Tage, sondern erst im Verlaufe von 2—3 Tagen austritt. Er konnte nur an einem Tage eine kleine

1) Diese Zeitschrift 1877. Bd. 13. S. 36.

Dosis Salmiak reichen, da das Huhn sehr empfindlich dagegen ist. Wie man sieht, verhält sich das Huhn ebenso, wie ich es für meine Hunde gefunden habe. Bedenkt man, dass die Hühner normal verhältnissmässig viel mehr Ammoniak im Harn ausscheiden als die Hunde, so ist es wahrscheinlich, dass ihr Blut damit gesättiget ist und deshalb die völlige Ausscheidung des eingeführten Salmiaks prompter erfolgt als beim Hunde, bei welchem viel längere Zeit dazu nöthig ist.

Salkowski hat nun ebenfalls berichtet, dass nach seinen Versuchen ein erheblicher Antheil des Stickstoffs des Salmiaks als Harnstoff ausgeschieden werde, wenn auch nicht so viel als bei Knieriem. Es stieg bei einem Hunde von 20 Kilo im Maximum die Harnstoffausscheidung (nach Bunsen bestimmt) von 5.61 gr.[1]) auf 9.75 gr., wovon indessen ein kleiner Theil noch auf vermehrten Eiweisszerfall zu beziehen ist. Die Vermehrung des Harnstoffs allein thut natürlich nicht dar, dass der letztere vom Salmiak abstammt, und die Controle des Eiweisszerfalls aus der Schwefelsäuremenge im Harn ist bei den geringfügigen Werthen, um die es sich hier handelt, kaum genau genug; es ist nur die Verfolgung der Ammoniakausscheidung beweisend, und über diese liegen von Salkowski noch keine näheren Mittheilungen vor. —

In einigen Resultaten finden sich ganz bestimmte Differenzen zwischen Knieriem und mir. Vor Allem ist es die Differenz in dem Ammoniakgehalte des Harns, worin ich in Uebereinstimmung mit Neubauer und Lohrer mich befinde. Bei Knieriem ist die Differenz im Harnstoff- und Gesammtstickstoff an den Salmiaktagen meist nicht grösser als an den Normaltagen, bei mir nimmt sie dagegen wesentlich und entsprechend der gefundenen Ammoniakmenge zu. Die Vermehrung des Harnstoffs nehmen wir Beide wahr; wir würden auch über die Ursache derselben uns leicht einigen, sobald die Sache wegen des Ammoniaks geklärt wäre.

Bei ferneren Versuchen in dieser Richtung ist auf eine genaue Bestimmung des Ammoniaks zu achten, und es empfiehlt sich dazu

1) Die Harnstoffmenge von 5.6 gr. für einen Hund von 20 Kilo ist ganz ausserordentlich gering.

die von mir angewendete mit Platinchlorid. Es ist zu rathen, grössere Thiere zum Versuche zu nehmen, welche regelmässig den Harn entleeren und denen man grössere Gaben Salmiak beibringen kann. Die längere Zurückhaltung des Ammoniaks im Blute erklärt gewiss manche Erscheinungen; man muss daher diese Zurückhaltung möglichst unschädlich zu machen suchen, indem man den Salmiak nicht nur an einem oder zwei Tagen, sondern längere Zeit fortgiebt, damit eine Sättigung der Säfte damit eintritt. Es ist gut die Thiere nicht hungern zu lassen, sondern ihnen den Salmiak unter ihrem Futter zu geben. Endlich empfehle ich einen Versuch mit einer einmaligen Dosis von Chlornatrium zu machen, um sich zu überzeugen, wie lange es währt, bis das Chlor vollständig erhalten wird; noch viel länger währt es mit dem Wiedererscheinen des Ammoniaks.

Es handelt sich in der That um einen ausserordentlich verwickelten Fall und es gehört eine genaue Kenntniss in Versuchen der Art dazu, um über das Schicksal des Salmiaks die Wahrheit zu finden. Es lassen sich keine grossen Mengen von Salmiak beibringen; der Nachweis des Ammoniaks im Harn ist Schwierigkeiten unterworfen; der Harnstoff wird durch eine Nebenwirkung des Salmiaks auf den Eiweisszerfall vermehrt; der Salmiak wird im Organismus zerlegt und das Ammoniak nur sehr langsam ausgeschieden; alle diese Umstände hemmen den Entscheid.

Ich finde für den Salmiak ganz das gleiche Verhalten, wie es durch Voit für das Kochsalz ermittelt worden ist, nämlich das Zurückhalten und die nachherige Abgabe desselben nach grösseren Dosen, sowie die Vermehrung der Harnstoffbildung. Man hätte alle Verhältnisse nach der Analogie der Kochsalzwirkung im Voraus erschliessen können.

Obwohl im Allgemeinen bei den Zersetzungsvorgängen im Thierkörper immer einfachere Verbindungen auftreten, wodurch allein unter Entbindung von lebendiger Kraft aus Spannkraft die Wirkungen im Thierkörper oder die Lebenserscheinungen ermöglicht werden, so kommen doch unzweifelhaft auch Bildungen complicirter chemischer Verbindungen mit höherem Molekulargewicht aus einfacheren oder Synthesen vor, so z. B. die Entstehung des

Hämoglobins aus dem gewöhnlichen Eiweiss oder die der Hippursäure nach Einführung von Benzoesäure.

Es werden nur heut zu Tage solche Synthesen leichthin angenommen, welche durchaus nicht bewiesen sind, z. B. die Synthese von Fett im Körper aus dem im Darm zerspaltenen Fett, die Synthese von Eiweiss im Muskel, von Pepton in Eiweiss, von Zucker in Glycogen etc., wodurch dann synthetische Vorgänge viel verbreiteter zu sein scheinen, als sie es in Wirklichkeit sind, und wodurch dann die Vorstellungen über die stofflichen Processe im Thierkörper vielfach verschoben werden.

Ob nach anderweitigen Erfahrungen der von Schultzen und Nencki behauptete Uebergang von Glycocoll oder Leucin in Harnstoff richtig ist, muss weiteren Versuchen überlassen bleiben. Die Angaben von Feltz und Ritter[1]), nach denen das Glycocoll nach Injektion ins Blut die Harnstoffausscheidung nicht wesentlich verändern soll, sind durchaus nicht bewiesen, da keine Zahlen über die Harnstoffmengen vorliegen und die Art der Versuchsanstellung nicht beschrieben ist, und ferner die vorliegende Frage durch Einspritzungen einer Substanz ins Blut, wie Prof. Voit schon öfters hervorgehoben hat, nicht entschieden werden kann. Während aber Schultzen und Nencki alles Glycocoll in Harnstoff übergehen lassen, wird nach Salkowski ein Theil desselben unverändert im Harn ausgeschieden. W. Bredschneider[2]) konnte nach grossen Gaben von Leucin bei Hunden nur ein unverhältnissmässig geringes Ansteigen des Harnstoffs finden. Nach Küssner[3]) wird die Harnstoffausscheidung durch Aufnahme von Tyrosin nicht vermehrt.

Bei der grossen Wichtigkeit des Gegenstandes wäre es von hohem Interesse, wenn die Thatsachen über die Vorstufen des

---

1) Journ. de l'Anat. et de la Physiol. par M. Charles Robin. 1875. p. 151.

2) Bredschneider, Beiträge zur Kenntniss der Vorstufen des Harnstoffs und der Oxydation aromatischer Verbindungen im Thierkörper; diss. inaug. Königsberg 1876.

3) Küssner, zur Lehre von den Vorstufen des Harnstoffs; diss. inaug. Königsberg 1874.

Harnstoffs durch unbezweifelbare Versuche völlig sicher gestellt wären.

Sicher erwiesen ist, dass die Harnsäure im Körper in Harnstoff übergeht, dies ist aber ein Zerfall in eine einfachere Verbindung. Während alle anderen Beobachter dabei vergebens nach Allantoin suchten, hat Salkowski[1]) dasselbe darstellen können. Er hielt die bisherigen Angaben über den Uebergang der Harnsäure in Harnstoff für unsicher, da sie sich nur auf die Liebig'sche Harnstoffbestimmung stützen, bei welcher bekanntlich auch Allantoin, Harnsäure etc. gefällt werden, und er untersuchte daher nach einer modificirten Bunsen'schen Methode. Es ist aber nicht ersichtlich, zu welchem Resultate er dabei gekommen ist; denn an einer Stelle sagt er: „im Uebrigen sprechen die Versuchsresultate für die von allen Autoren angegebene Bildung von Harnstoff aus Harnsäure"; an einer anderen Stelle heisst es dagegen: „ob neben dem Allantoin noch Harnstoff gebildet wird, lässt sich noch nicht mit Sicherheit sagen". Salkowski scheint übersehen zu haben, dass bei dem von Zabelin[2]) in Voit's Laboratorium angestellten Versuche noch weiteres angewendet worden ist, als die Liebig'sche Titrirmethode, und dass dabei sehr eingehend die nicht völlig entscheidende Angabe der letzteren berücksichtiget worden ist. Nach Aufnahme von 14 und 30 gr. Harnsäure an zwei sich folgenden Tagen wurde die letztere bis auf 3.72 gr. resorbirt und nach der Titrirung mit salpetersaurem Quecksilberoxyd an fünf Tagen im Ganzen um 13.3 gr. Harnstoff mehr als normal bestimmt; an zwei Tagen betrug das Plus täglich 8.95 gr. Harnstoff = 4.18 gr. Stickstoff. Die Menge der Harnsäure und Kynurensäure war nur sehr wenig vermehrt. In der resorbirten Harnsäure befanden sich 14.7 gr. Stickstoff; aus dem nach Liebig bestimmten Harnstoffplus berechnen sich 14.5 gr. Stickstoff. Die durch Verbrennen mit Natronkalk ermittelte Gesammtstickstoffmenge[3]) ergab etwas mehr Stickstoff, als sich aus dem Harnstoff berechnete, und zwar um

1) Berichte d. deutsch. chem. Ges. 1876. Jahrg. 9. S. 719.

2) Annal. d. Chem. und Pharm. 2. Suppl.-Bd. 3. Heft. S. 326.

3) Diese Zeitschrift 1865. Bd. 1. S. 120. Versuch 5 und 7.

ebensoviel mehr als auch ohne Aufnahme von Harnsäure erhalten wurde. Es muss demnach der grösste Theil des Stickstoffs der resorbirten Harnsäure in Harnstoff übergegangen sein, denn sonst könnte unmöglich die Menge des in der Harnsäure resorbirten Stickstoffs, die Menge des aus der Liebig'schen Bestimmung berechneten und des durch Verbrennung ermittelten Plus an Stickstoff so genau übereinstimmen. Bei der Gegenwart von Ammoniak ergiebt sich alsbald eine wesentliche Differenz der Resultate der beiden letzteren Bestimmungen.

Zur Kenntniss der sog. Kalbsmumien.

Von

Dr. J. Forster,

Privatdocent für Hygiene und Assistent am physiologischen Institute zu München.

Bei hochträchtigen Rindern bildet sich bisweilen durch Torsion des Uterus ein Verschluss der Uterinhöhle, so dass die gereifte Frucht nicht mehr ausgetrieben werden kann und abstirbt. In den meisten Fällen dieser Art verschwindet das Fruchtwasser allmälig, die Gewebe des Fötus bekommen ein derbes, saftloses Ansehen, und Flüssigkeiten sind innerhalb des fötalen Körpers bald nicht mehr wahrzunehmen. Man bezeichnet die Erscheinung, wie sie übrigens bekanntlich nach dem Absterben des Fötus in früherer Entwicklungsperiode in gleicher Weise vorkömmt, mit dem Worte Mumienbildung oder Mumifikation[1]).

Ein solcher Kalbsfötus, welcher nach dem Absterben mindestens noch drei bis vier Monate im Uterus der Mutter verweilt hatte und zufällig beim Schlachten des Mutterthieres in mumificirtem Zustande gefunden wurde, gelangte vor einiger Zeit durch die Güte des Herrn Professor Franck dahier in meine Hände. Die Mumie, nach allen Zeichen: Grösse, Gewicht und namentlich auch nach der Entwicklung der Zähne und Klauen zu urtheilen, ein völlig ausgetragenes Kalb darstellend, zeigte sich an der Oberfläche mit einer braunen, mekoniumartigen Schmiere ohne besonders wahrnehmbaren Geruch bedeckt. Die Haut, die blassröthlich gefärbten Muskeln, sowie die übrigen Organe hatten eine trockene leder- oder kautschukartige Beschaffenheit ohne jeden Geruch; der an die genannten Theile angedrückte Finger wurde nicht im mindesten

1) Näheres siehe hierüber: L. Franck, Handbuch der thierärztlichen Geburtshilfe (Berlin bei Wiegandt, Hempel & Parey) 1876. S. 265 u. ff.

benetzt. Von Säften oder flüssigem Blute konnte nichts bemerkt werden. Nach Angabe von Prof. Franck hatten die Muskelfasern deutliche Querstreifung und liessen keine fettige Degeneration oder dergleichen erkennen; Blutkörperchen waren in den absolut leeren Blutgefässen mikroskopisch untersuchter Theile nicht zu entdecken.

Nach mehrtägigem Stehen bei Sommertemperatur (Anfang September 1876) war keine irgend bemerkbare Fäulniss eingetreten.

Es schien nun nicht unwichtig zu untersuchen, wie weit die Austrocknung und Auslaugung, sowie überhaupt die Veränderung eines abgestorbenen Theiles innerhalb des lebendigen Organismus gedeihe. Zu diesem Zwecke sollte die Zusammensetzung der Muskeln, welche bekanntlich etwa 40—50% eines ganzen Thieres, demnach die Hauptmasse der Organe desselben, betragen, insbesondere aber deren Wasser- und Aschegehalt bei der Mumie bestimmt und mit den Muskelbestandtheilen des normalen Kalbes verglichen werden.

Die ausgeführte Analyse der Oberschenkelmuskeln, welche aus dem frischen Präparate leicht frei von sichtbarem Fette und Bindegewebe, also möglichst rein gewonnen werden konnten und dann getrocknet wurden, gab folgende procentische Zusammensetzung:

	frische Substanz	trockene Substanz
Wasser	75.3	—
feste Theile	24.7	100.0
Stickstoff	3.406	13.81
(× mit 6.25 = Eiweiss	21.3	86.3)
Fette	1.43	5.81
Asche	0.75	3.05
Kalk	0.063	0.256
Natrium	0.143	0.582
Kalium	0.032	0.131

Nach den Angaben von Schlossberger und v. Bibra enthält das Kalbfleisch im Mittel 78.2% Wasser und etwa 20.5% eiweissartige Stoffe; der Fettgehalt beträgt nach Wolff im Mittel 1.3% der frischen und 5.9% der trockenen Substanz. Der Aschegehalt des gewöhnlichen, jedoch völlig gereinigten Kalbfleisches ist nach meinen eigenen Analysen in Procent:

	frische Substanz	trockene Substanz
Gesammtasche	1.46	3.92
Kalk	0.04	0.18
Natrium	0.10	0.455
Kalium	0.22	0.99

100 gr. Fleischasche enthalten sonach:

	Kalbsmumie	gewöhnliches Kalb
Kalk	8.4	2.7
Natrium	19.1	6.8
Kalium	4.3	15.1

Ein Vergleich der Analysen ergiebt zunächst, dass die Muskeln der Mumie nahezu die gleiche Zusammensetzung haben, wie das Muskelfleisch der Kälber überhaupt. Die Asche dagegen hat eine durchgreifende Aenderung erfahren, indem sowohl ihre Gesammtmenge niedriger erscheint, als auch die Mischung der einzelnen Aschebestandtheile eine andere ist als normal. Während bekanntlich in der Fleischasche Kalium in viel grösserer Menge gefunden wird als Natrium, ist hier in der Mumienfleischasche das Kalium in vier- bis fünfmal geringerer Quantität enthalten als das Natrium, dessen Gehalt vielleicht etwas vermehrt sein dürfte.

Die Veränderung der Asche in den beiden eben erwähnten Richtungen ist wohl hauptsächlich durch die Thatsache bedingt, dass einseitig die Menge des Kaliums (wahrscheinlich als Kaliumphosphat) in der Kalbsmumie in höherem Grade abgenommen hat, während die übrigen Aschebestandtheile in ihrer relativen und absoluten Menge kaum eine bemerkenswerthe Veränderung erlitten. Ich bin einstweilen ausser Stande, diese auffallende Thatsache zu erklären, glaube aber besonders darauf aufmerksam machen zu müssen.

Merkwürdig ist, dass bei dem eigenthümlichen Aussehen des Fleisches der Wassergehalt kaum wesentlich niedriger gefunden wurde als im normalen Kalbsmuskel; auch der Stickstoff- und der daraus berechnete Eiweissgehalt erscheint unverändert.

Trotz des Verschwindens von Fruchtwasser und den fötalen Säften und Flüssigkeiten, welche ich auf eine Filtrationsthätigkeit des entwickelten Uterus zurückführen möchte, kann sonach in dem

hier beobachteten Falle von einer Auslaugung oder Eintrocknung der sog. Mumie, wie sie zu erwarten stand, keine Rede sein. Auch eine zu vermuthende fettige Degeneration ist nicht anzunehmen, da einmal der gefundene Fettgehalt die mittlere Fettmenge des normalen Kalbsmuskels nicht überschreitet und sodann auch der Eiweissgehalt des Mumienfleisches eher grösser ist, als im Mittel normal beobachtet wird.

Ob das trockene Aussehen des untersuchten Fleisches mit der Veränderung des Aschegehaltes im Zusammenhange steht, ist wohl nicht sofort anzunehmen. Man könnte vielmehr daran denken, dass die normal im Fleische vorkommenden Eiweissstoffe eine gewisse Aenderung in ihrer chemischen Constitution erfahren haben, welche auch das veränderte physikalische Verhalten bedingte. Da erst die Erkenntniss des unerwartet hohen Wassergehaltes auf die Nothwendigkeit aufmerksam machte, die Eiweisssubstanzen wie auch die Extraktivstoffe des Mumienfleisches näher zu untersuchen, dies aber nur am frischen Materiale geschehen kann, so lässt sich Näheres hierüber einstweilen nicht angeben; bei einer wiederholten Untersuchung eines gleichen Präparates, wie mir ein solches leider bisher nicht zugekommen, ist wohl vor Allem hierauf das Augenmerk zu richten.

Es scheint jedoch eine solche Veränderung der Eiweisssubstanzen, wenn sie überhaupt zu Stande kommt, nicht bis zu einem hohem Grade vor sich zu gehen. Dafür spricht wenigstens die Gegenwart von löslichen Eiweisssubstanzen in einer zweiten Mumie, die jedoch mit der ersten nicht unmittelbar in Vergleich zu setzen ist. Diese, ebenfalls durch Herrn Prof. Franck mir übergeben, ist ein mumificirter Fötus, der aus unbekannter Ursache etwa im vierten Entwicklungsmonate abgestorben war und hiernach noch mindestens ein Jahr im Uterus der lebenden Mutter verweilt hatte. Die in dem angegebenen Alter noch wenig entwickelten Muskeln sind relativ gut erhalten, zeigen nach Angabe von Prof. Franck eine, wenn auch etwas undeutliche, Querstreifung, haben aber, wie der Fötus überhaupt, ein völlig trockenes Ansehen, ähnlich geräuchertem Fleische. Die ganze Mumie mit den erhaltenen Eihüllen wiegt 751 gr. in frischem Zustande. Da jedoch zur Untersuchung der Eiweissstoffe die Menge der gewinnbaren reinen Muskeln zu

gering war, so verwandte ich die in der Gegend der Leber sich vorfindende bröcklige, derbe, braune Masse und behandelte sie mit Wasser von 30—40° C. Bemerkenswerther Weise reagirte das wässerige, röthlich gefärbte Extrakt zwar schwach, aber erkennbar alkalisch. Aus demselben konnte durch Zusatz von sehr verdünnter Essigsäure ein Eiweisskörper in Flocken gefällt werden, der in 10% Kochsalzlösung sich rasch und leicht löste und etwa 2½% der frischen Substanz betrug. Ausserdem enthielt das Extrakt Blutfarbstoff, der die beiden Absorptions-Streifen des Oxyhämoglobins zeigte, und in der Siedehitze gerinnbares Eiweiss; beide zusammen etwa 2% der Masse. Der im Wasser ungelöst bleibende Antheil wurde durch Salzsäure von 1 p. m. Gehalt bei längerem Stehen an der Zimmertemperatur etwas gelöst. Zur detailirten Untersuchung war das vorhandene Material unzureichend.

Zu erwähnen aber ist insbesondere, dass der Wassergehalt der Leber sowohl, wie des reinen Muskels in sehr erheblichem Grade abgenommen hat; ferner ist auch hier, wie bei der ausgewachsenen Mumie, der Aschegehalt für die Trockensubstanz berechnet viel niedriger, als er erwartet werden sollte. Es fand sich die nachstehende procentische Zusammensetzung:

	Leber		Muskel (vom Oberschenkel)	
Wasser	50.4	—	52.7	—
feste Theile	49.6	100.0	47.3	100.0
Asche	1.60	3.2	1.33	2.8

Es scheint sonach, dass bei längerem Verweilen der Mumien im mütterlichen Organismus in der That eine Eintrocknung und nur in geringerem Grade eine Auslaugung erfolgt.

Die Thatsache, dass die Muskeln des abgestorbenen Kalbsfötus trotz langen Verweilens in der Uterinhöhle des Mutterthieres nur in so geringem Maasse eine Veränderung ihrer chemischen Zusammensetzung erfuhren, ist in gewisser Beziehung sehr bemerkenswerth. Bekanntlich zerfallen im Thierkörper nach den Untersuchungen Voit's die die organisirten Gebilde zusammensetzenden Eiweissstoffe nur sehr wenig, während die in den Körper oder in die Blutgefässe eingeführten gelösten Eiweisssubstanzen alsbald zum grössten Theile in dem Körper zersetzt werden. Ich

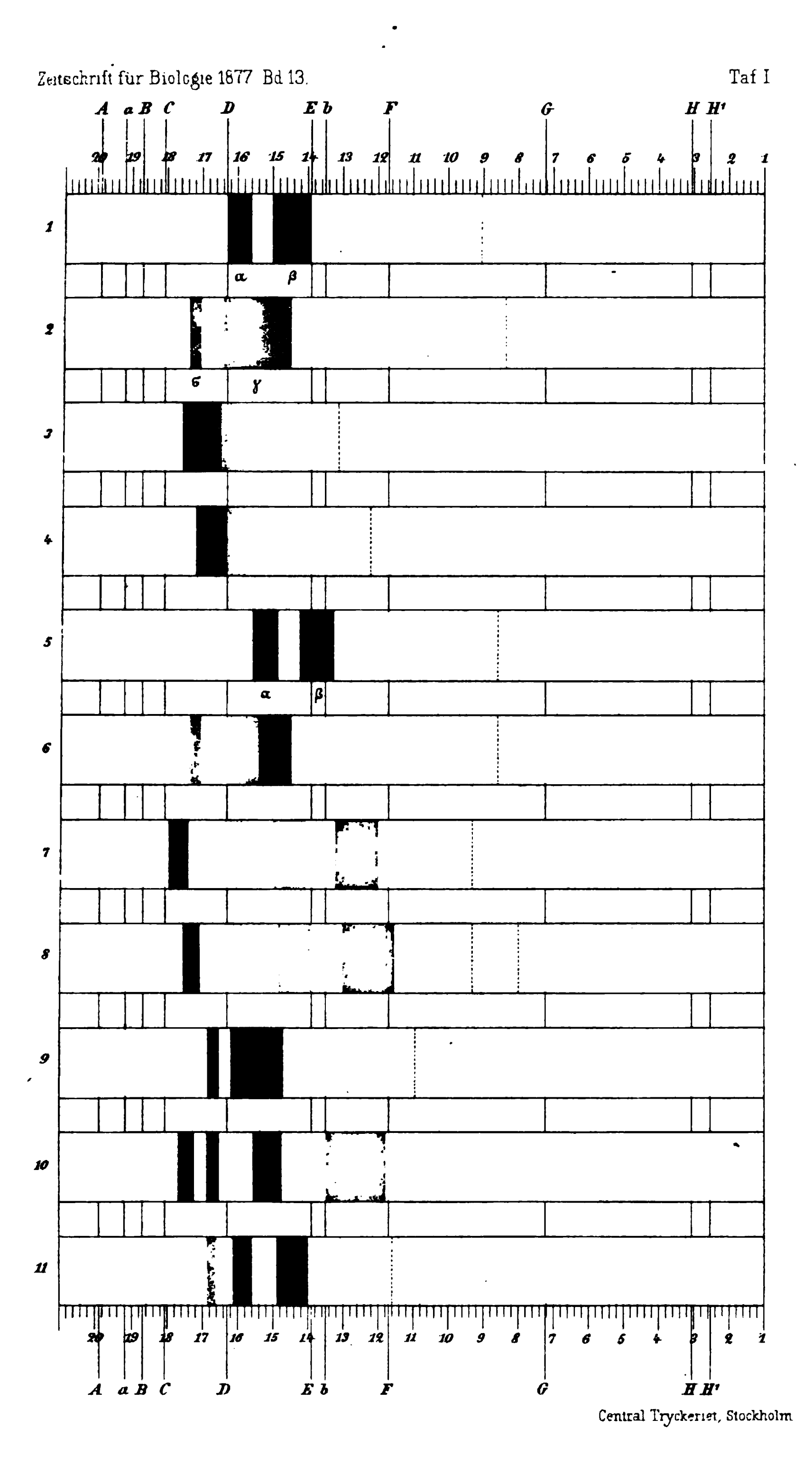
verweise in dieser Beziehung auch auf die von mir angestellten Versuche über die Eiweisszersetzung bei Transfusionen, welche in diesen Blättern mitgetheilt worden sind[1]). Man hat nun in neuerer Zeit auf Vorstellungen von Traube hin diese Erscheinung durch die Annahme zu erklären versucht[2]), dass in dem Thierkörper nur absterbende Zellen und Gewebe als todtes Eiweiss im Vereine mit dem Eiweisse der Nahrung, sofern dasselbe nicht zum beständigen Ersatze der abgestorbenen Gewebe diene, das Material für die Eiweisszersetzung liefern, während die lebenden Gewebe durch die im Körper herrschenden zersetzenden Einwirkungen in keiner Weise afficirt würden. Den Eiweissstoffen der Organe als „lebendem Eiweisse" werden hiermit die in Lösung befindlichen Eiweissstoffe als „todtes Eiweiss" entgegengestellt und die Eiweisszersetzung im Thierkörper als eine Art von Fäulniss- oder Todeserscheinung aufgefasst.

Wir sehen von dem Umstande ab, dass die eben angegebene Erklärung den Kreis unserer Vorstellungen nicht erweitern dürfte. Dagegen machen wir aufmerksam, dass wir in unserer Kalbsmumie mitten im mütterlichen Körper einen völlig abgestorbenen Organismus haben, dessen Eiweissstoffe nach jener Vorstellung alsbald dem Zerfalle geweiht wären. Da sich die letzteren aber nach der obigen Analyse in ihrer Menge vollkommen erhalten haben, so kann nicht wohl angenommen werden, dass im Thierkörper allein lebendes Eiweiss bestehen bleibe und nur todtes Eiweiss sich zersetze. Eine derartige Unterscheidung des im Thiere vorkommenden Eiweisses dürfte daher, wenigstens in Bezug auf die Zersetzbarkeit desselben, nach den hier beobachteten Fällen kaum gerechtfertigt sein.

Das Bestehenbleiben der organisirten Gebilde bei dem Verschwinden des Blutes (s. o.) deutet darauf hin, dass das letztere bei den in den Organen vor sich gehenden Eiweisszersetzungen im normalen Zustande eine wesentliche Rolle spielt, auf die hier nur hingewiesen sein soll.

1) Zeitschr. f. Biol. Bd. 11. S. 496—531.

2) Fränkel, Ueber den Einfluss der verminderten Sauerstoffzufuhr zu den Geweben auf den Eiweisszerfall im Thierkörper. Virchow's Archiv, Bd. 67, S. 42.



Central Tryckeriet, Stockholm



Central Tryckeriet Stockholm.

ZEITSCHRIFT

FÜR

BIOLOGIE

VON

L. BUHL, M. v. PETTENKOFER, C. VOIT,
PROFESSOREN AN DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN.

XIII. Band.

III. Heft.

Inhalt:

MÜNCHEN, 1877.
DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

Empfehlenswerthe Werke
zu
Festgeschenken für Reich und Arm
aus dem Verlage von R. Oldenbourg in München.

Die Naturkräfte,
eine naturwissenschaftliche
Volksbibliothek.

Erscheint in Bänden, reich illustrirt.

Preis eines Bandes:
elegant brochirt 3 Mark.
fein gebunden 4 Mark.

Prospectus.

„Die in den Naturwissenschaften erworbenen Gesetze beherrschen den zukünftigen geistigen und materiellen Fortschritt der Länder und Völker, jeder Einzelne ist an den Fragen betheiligt, die sich an ihre Anwendung knüpfen.“

Mit diesen Worten kennzeichnet Justus von Liebig die Wichtigkeit der Erwerbung naturwissenschaftlicher Kenntnisse für Jedermann.

In dem Unternehmen der „Naturkräfte“ will die Verlagshandlung eine Reihe von Schriften hervorragender wissenschaftlicher Kräfte herausgeben, welche in anregender Weise und in verständlicher Sprache dem Gebildeten die Resultate der Naturforschung in ihrer Anwendung auf das Leben und auf die verschiedene menschliche Thätigkeit vorführen und gleichzeitig die Kräfte der Natur in ihrem wechselseitigen gesetzmäßigen Wirken zur allgemeinen Kenntniß bringen sollen.

Die Bände suchen ihre Stärke darin, dem gereiften Verstande eine belehrende, hochinteressante Lectüre zu bieten, der Jugend aber als nicht ermüdende, durchaus zuverlässige und vollständige Lehrbücher zu dienen.

Erschienene Bände:

I. Band.
Die Lehre vom Schall.
Eine gemeinfaßliche Darstellung der Akustik.
Von R. Radau.
2. Auflage.
Mit 108 Holzschnitten.

II. Band.
Licht und Farbe.
Eine gemeinfaßliche Darstellung der Optik.
Von Prof. Dr. Pisko in Wien.
(Doppelband.) Zweite Auflage.
Mit 148 Holzschnitten.

III. Band.
Die Wärme.
Nach dem Französischen des Prof. Cazin deutsch bearbeitet. Herausgegeben durch Prof. Dr. Ph. Carl in München.
2. Auflage.
Mit 92 Holzschnitten.

IV. Band.
Das Wasser.
Von Prof. Dr. Pfaff in Erlangen.
2. Abdruck.
Mit 57 Holzschnitten.

V. Band.
Himmel und Erde.
Eine gemeinfaßliche Beschreibung des Weltall's. Von Prof. Dr. Zech in Stuttgart.
2. Abdruck.
Mit 45 Holzschnitten und 5 Tafeln.

VI. Band.
Die elektrischen Naturkräfte.
Der Magnetismus, die Elektricität, der galvanische Strom. Gemeinfaßlich dargestellt von Prof. Dr. Ph. Carl in München.
2. Abdruck.
Mit 110 Holzschnitten.

VII. Band.
Die vulkanischen Erscheinungen.
Von Prof. Dr. Fr. Pfaff in Erlangen.
Mit 37 Holzschnitten.

VIII. und IX. Band.
Aus der Urzeit.
Bilder aus der Schöpfungsgeschichte.
Von Prof. Dr. Zittel in München.
2. Auflage.
2 Bände mit 183 Holzschnitten u. 5 Kärtchen.

Jeder Band ist einzeln verkäuflich.

Ein ausführliches Probeheft wird auf Verlangen gratis und franco zugeschickt.

ZEITSCHRIFT

FÜR

BIOLOGIE

VON

L. BUHL, M. v. PETTENKOFER, C. VOIT,
PROFESSOREN AN DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN.

XIII. Band.

III. Heft.

Inhalt:

MÜNCHEN, 1877.
DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

Empfehlenswerthe Werke
zu
Festgeschenken für Reich und Arm
aus dem Verlage von R. Oldenbourg in München.

Die Naturkräfte,

eine naturwissenschaftliche

Volksbibliothek.

Erscheint in Bänden, reich illustrirt.

Preis eines Bandes:

elegant brochirt 3 Mark.
fein gebunden 4 Mark.

Prospectus.

„Die in den Naturwissenschaften erwor-enen Gesetze beherrschen den zukünftigen gei-gen und materiellen Fortschritt der Länder Völker, jeder Einzelne ist an den Fragen etheiligt, die sich an ihre Anwendung knüpfen.“

Mit diesen Worten kennzeichnet **Justus von ebig** die Wichtigkeit der Erwerbung naturwissen-aftlicher Kenntnisse für Jedermann.

In dem Unternehmen der „Naturkräfte“ will Verlagshandlung eine Reihe von Schriften vorragender wissenschaftlicher Kräfte heraus-en, welche in anregender Weise und in ver-ndlicher Sprache dem Gebildeten die Resultate Naturforschung in ihrer Anwendung auf das en und auf die verschiedene menschliche Thätig-t vorführen und gleichzeitig die Kräfte der tur in ihrem wechselseitigen gesetzmäßigen Wir-zur allgemeinen Kenntniß bringen sollen.

Die Bände suchen ihre Stärke darin, dem reiften Verstande eine belehrende, hochinte-sante Lectüre zu bieten, der Jugend aber nicht ermüdende, durchaus zuverlässige und ständige Lehrbücher zu dienen.

Erschienene Bände:

I. Band.
Die Lehre vom Schall.
Eine gemeinfaßliche Darstellung der Akustik.
Von **R. Radau.**
2. Auflage.
Mit 108 Holzschnitten.

II. Band.
Licht und Farbe.
Eine gemeinfaßliche Darstellung der Optik.
Von Prof. Dr. **Pisko** in Wien.
(Doppelband.) Zweite Auflage.
Mit 148 Holzschnitten.

III. Band.
Die Wärme.
Nach dem Französischen des Prof. Cazin deutsch bearbeitet. Herausgegeben durch Prof. Dr. **Ph. Carl** in München.
2. Auflage.
Mit 92 Holzschnitten.

IV. Band.
Das Wasser.
Von Prof. Dr. **Pfaff** in Erlangen.
2. Abdruck.
Mit 57 Holzschnitten.

V. Band.
Himmel und Erde.
Eine gemeinfaßliche Beschreibung des Welt-all's. Von Prof. Dr. **Zech** in Stuttgart.
2. Abdruck.
Mit 45 Holzschnitten und 5 Tafeln.

VI. Band.
Die elektrischen Naturkräfte.
Der Magnetismus, die Elektricität, der galvanische Strom. Gemeinfaßlich darge-stellt von Prof. Dr. **Ph. Carl** in München.
2. Abdruck.
Mit 110 Holzschnitten.

VII. Band.
Die vulkanischen Erscheinungen.
Von Prof. Dr. **Fr. Pfaff** in Erlangen.
Mit 37 Holzschnitten.

VIII. und IX. Band.
Aus der Urzeit.
Bilder aus der Schöpfungsgeschichte.
Von Prof. Dr. **Zittel** in München.
2. Auflage.
2 Bände mit 183 Holzschnitten u. 5 Kärtchen.

Jeder Band ist einzeln verkäuflich.

Ein ausführliches Probeheft wird auf Verlangen gratis und franco zugeschickt.

Untersuchungen benützten Schulhause verbunden ist, am besten dadurch studiren zu können, dass wir einestheils nach Pettenkofer's[1]) Vorgange die Veränderungen des Kohlensäuregehaltes der Zimmerluft ausmittelten, um daraus die Grösse der Ventilation zu rechnen, und anderntheils durch gleichzeitige Anemometerbeobachtungen die Ventilationsgrösse direct massen. Diese beiden Bestimmungen sollten sich gegenseitig ergänzen.

Bei den Versuchen über die Aenderung des Kohlensäuregehaltes, welche vielfach zur Bestimmung der natürlichen und künstlichen Ventilation in Schulzimmern ausgeführt wurden, bildeten gewöhnlich die Schulkinder selbst die Kohlensäurequelle. Wir gingen nun anfänglich, um nach unserer Meinung die Beobachtungen zu vereinfachen, von dem gebräuchlichen Verfahren ab, und entwickelten die Kohlensäure aus doppeltkohlensaurem Natron; es sollten dadurch manche mit der Anwesenheit von Schulkindern verknüpfte Unbequemlichkeiten und auch die durch den Aufenthalt vieler Menschen vielleicht eintretenden Störungen vermieden werden. Einen anderen irgendwie durchgreifenden Unterschied glaubten wir durch die künstliche Entwicklung von Kohlensäure gegenüber der durch Athmung nicht zu erzielen. Wenn sich nun diese unsere Voraussetzung, wie sogleich gezeigt werden soll, als irrig erwies, und damit auch das beabsichtigte Studium der Ventilation auf diesem Wege nicht geschehen konnte, so wollen wir dennoch die nach jener Richtung angestellten Versuche wiedergeben, weil wir gerade durch dieselben einen tieferen Einblick in den Vorgang der Kohlensäurevertheilung und damit der Luftmischung gewonnen haben.

a) Vertheilung der Kohlensäure bei Entwicklung derselben aus doppeltkohlensaurem Natron.

Die Beobachtungen, welche Pettenkofer[2]) und nach ihm Andere über die Vertheilung der Kohlensäure in geschlossenen mit Menschen angefüllten Räumen gemacht hatten, sowie die weiteren Versuche Pettenkofer's über die Kohlensäureabnahme in einem

1) Abhandl. der naturwiss.-techn. Commiss. d. bayer. Akad. d. Wissensch. 1858. Bd. II, pag. 78.

2) l. c. pag. 25.

geheizten Zimmer bei künstlicher Kohlensäure-Entwicklung haben den Nachweis geliefert, dass in den gegebenen Fällen die Geschwindigkeit der Kohlensäureverbreitung eine sehr bedeutende ist. Diese Thatsachen führten nach und nach zu einer jetzt wie es scheint ganz allgemein angenommenen Meinung. Man glaubte sich berechtiget, die rasche Vertheilung der Kohlensäure aus einem Diffusionsvorgange zu erklären und war dem entsprechend gezwungen, die zur Diffusionsmischung nothwendige Zeit als unendlich klein anzunehmen.

Um Missverständnisse zu vermeiden, bemerken wir, dass wir unter Diffusion nur die Mengung von Gasen verstehen, welche nicht allein ohne äussere mechanische Bewegung und Wärmeströmung, sondern auch ohne Dazwischentreten einer Scheidewand stattfindet. Insbesondere verdient nach unserer Meinung der leztere complicirte Vorgang der Gasmengung durch poröse Scheidewände den Namen Diffusion nicht, namentlich nicht im Beginne der hierbei auftretenden Erscheinungen. Unter dieser Voraussetzung lässt sich nun in bestimmter Weise die Ungenauigkeit der erwähnten Anschauung einer unendlich raschen Diffusion nachweisen.

Messende Versuche über Gasdiffusion ohne Scheidewand sind zuerst von Graham[1]) ausgeführt worden. Graham hat in einem Glascylinder von 0.57 m. Höhe das untere Zehntel mit Kohlensäure angefüllt, während die oberen neun Zehntel Luft enthielten; nach Verlauf einer gewissen Zeit wurde immer das oberste Zehntel der Röhre abgenommen und auf seinen Kohlensäuregehalt untersucht.

Im Mittel aus mehreren Versuchen fand er:

Nach	5	Minuten	. . . . 0.36	%	Kohlensäure
„	7	„	. . . . 0.96	„	„
„	10	„	. . . . 1.51	„	„
„	15	„	. . . . 1.69	„	„
„	20	„	. . . . 2.55	„	„
„	40	„	. . . . 5.37	„	„
„	80	„	. . . . 8.75	„	„

Binnen 80 Minuten betrug also der Antheil Kohlensäure, welcher in den oberen Theil der Röhre gedrungen war, 8.75 %, während

1) Graham, Phil. Mag. XXVI, 443.

ein Betrag von 10 % das Ende des Diffusionsprocesses anzeigen würde.

Diese Zahlen Graham's erlauben zwar nicht die Diffusionsconstante mit einiger Genauigkeit auszumitteln und mit Hilfe derselben den Diffusionsvorgang in anderen Räumen rechnerisch zu verfolgen; aber dennoch erscheint es bei aufmerksamer Betrachtung dieser Beobachtungen höchst unwahrscheinlich, dass die oben gefolgerte bedeutende Diffusionsgeschwindigkeit bestehe.

In neuerer Zeit sind nun von Lohschmidt[1]) und seinen Schülern Diffusionsbestimmungen ausgeführt, welche eine Berechnung der Diffusion für jeden Raum gestatten.

Wenn man zur Berechnung der Diffusion von Kohlensäure in einem Raume folgende Bezeichnungen einführt:

H die Höhe des Raumes, in dem die Diffusion stattfindet,
h die Höhe, bis zu welcher beim Beginne des Versuches die Kohlensäure reicht,
u_0 die anfängliche Concentration der einer Diffusion unterworfenen Kohlensäure, d. h. die Quantität Kohlensäure, welche in der Volumeinheit Luft enthalten ist,
k die Diffusionsconstante, d. h. die Kohlensäuremenge, welche beim Beharrungszustande in der Zeiteinheit durch die Einheit des Querschnittes fliessen würde, wenn die Höhe des Diffusionsgefässes gleich der Längeneinheit wäre, und an seinen Enden der Concentrationsunterschied 1 stattfände,
t die Dauer des Versuches,
x die Höhe, für welche die Concentration angegeben werden soll,
u die Concentration in der Höhe x,

so berechnet sich die Concentration u nach einer von Simmler und Wild[2]) abgeleiteten Formel:

$$u = \frac{u_0 h}{H} - \frac{2 u_0}{\pi} \sum_{p=1}^{p=\infty} \frac{1}{p} \sin\left(\frac{p \pi}{H} h\right) \cos\left(\frac{p \pi}{H} x\right) e^{-\left(\frac{p \pi}{H}\right)^2 k t}$$

1) Lohschmidt, Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. Math.-Naturw. Kl. Wien 1870. Bd. 61, 367 u. Bd. 62, 468, 575, 657.

2) Pogg. Ann. Bd. C, pag. 217.

Die von Lohschmidt für Diffusion von Kohlensäure in Luft gefundene Constante ist:

$$k = 0.05123,$$

wobei Stunde und Meter als Einheit angenommen sind.

Um bestimmte Werthe unserer Rechnung zu Grunde zu legen, nehmen wir einen Raum etwa von der Grösse des später anzuführenden Versuchszimmers an, und wählen auch sonst die Verhältnisse jenen Versuchen entsprechend. Der Raum habe einen Inhalt von 260 cubm. und sei 4 m. hoch; in dessen unteren Theil werden 1.3 cubm. Kohlensäure eingefüllt, so dass dieselbe bei vollständiger Verdrängung der Luft eine Höhe von 0.02 m. einnehmen würde. Es ist dann in der obigen Formel einzusetzen $H = 4$ m.; $h = 0.02$ m. und $u_0 = 1$, und es berechnet sich damit die Tabelle I.

Tabelle I.

Zeit in Stunden	Concentration u (p. m.) in den Höhen			
	$x = 0$	$x = \frac{H}{200}$	$x = \frac{H}{2}$	$x = H$
0	1000.000	5.000	0.000	0.000
1	50.980	5.000	0.000	0.000
2	36.060	5.000	0.001	0.000
3	29.447	5.000	0.032	0.000
4	25.503	5.000	0.154	0.000
5	22 811	5.000	0.383	0.000
10	16.113	5.000	2.090	0.009
50	7.261	5.000	4.976	2.813
100	5.486	5.000	5.000	4.501
∞	5.000	5.000	5.000	5.000

Wir suchten uns nun durch einen Versuch zu überzeugen, ob die Verbreitung der Kohlensäure bei möglichster Vermeidung von Luftbewegungen und Wärmeströmungen auch in grösseren Räumen in der Weise stattfindet, wie die nach der Lohschmidt'schen Constante ausgeführte Rechnung es verlangt.

Die zu diesem Zwecke angestellten Beobachtungen wurden am 21. October 1874 in einem Saale vorgenommen, dessen Höhe 4.5 m.,

Länge 9.8 m., Breite 4.8 m., und dessen Inhalt somit nahe 212 cubm. beträgt. Der Saal selbst liegt mitten in der Flucht der Parterre-Räume, welche in der Rückfront des hiesigen physiologischen Institutes sich befinden, und zwar in der Weise, dass die Ost- und Westwand durch je eine Thüre mit den anschliessenden Zimmern, die Südwand durch eine Thüre mit dem Corridor zusammenhängt, während die Nordwand drei grosse Flügelfenster in sich schliesst. Zu berücksichtigen ist noch, dass unter dem Saale sich kein Keller oder dergl. befindet. Wir lösten nun 5.5 Kilogr. doppeltkohlensaures Natron in einer grossen Holzkufe mit wenig Wasser, und übergossen unter beständigem Umrühren die Lösung mit concentrirter Schwefelsäure. Nach etwa 10 Minuten war sämmtliche Kohlensäure in Gasform entbunden. Sobald dies geschehen, wurde von neun Personen an neun verschiedenen Stellen des Zimmers gleichzeitig Luft zur Kohlensäurebestimmung nach Pettenkofer's[1]) Methode entnommen. Nach Verfluss von weiteren 15 Minuten wurde abermals an vier Stellen Luft geschöpft. Während des ganzen Versuches blieben alle Personen unbeweglich an ihrem Platze, um jede Luftbewegung möglichst zu vermeiden; den Beobachtungstag selbst hatten wir so gewählt, dass die Temperatur im Innern und ausserhalb des Zimmers beinahe identisch war.

Wir fanden nun:

A. Bei Beginn:

	vol. CO_2 p. m.	Temperatur Gr. C.
I. Plafond:		
1. Ostwand:	1.97	15.5
2. Südwand:	3.29	15.8
3. Westwand:	3.19	15.2
Mittel:	2.82	15.5
II. Mittlere Saalhöhe:		
1. Ostwand:	1.60	15.3
2. Zimmermitte:	1.92	15.4
3. Westwand:	1.14	15.2
Mittel:	1.55	15.3

1) Vergl. Abhandl. d. naturw.-techn. Commission d. bayer. Akad. d. Wissensch., Bd. II, pag. 1 u. ff.

		vol. CO_2 p. m.	Temperatur Gr. C.
III. Fussboden:			
	1. Ostwand:	23.82	14.7
	2. Zimmermitte:	22.65	14.8
	3. Westwand:	23.36	14.7
	Mittel:	23.28	14.7

B. Nach 15 Minuten:

I. Plafond:			
	Südwand:	4.00	16.7
II. Mittlere Saalhöhe:			
	Zimmermitte:	3.19	15.7
III. Fussboden:			
	1. 1/4 von der Ostwand:	18.86	14.9
	2. 1/4 von der Westwand:	23.91	14.9
	Mittel:	21.39	14.9

Der rascheren Uebersicht wegen schreiben wir in der untenstehenden Zeichnung die Resultate der Kohlensäurebestimmungen an die entsprechenden Orte des Zimmerlängsschnittes.

In 1000 vol. Luft sind vol. Kohlensäure:

Anfangs:

Ostwand				Westwand
	1.97	3.29	3.19	
	1.60	1.92	1.14	
	23.82	22.65	23.36	

Nach 15 Minuten:

Ostwand				Westwand
		4.00		
		3.19		
	18.86		23.19	

Als Mittelzahlen erhalten wir:

	vol. CO_2 p. m. Bei Beginn:	Nach 15 Min.:
Plafond:	2.82	4.00
Mittlere Höhe:	1.55	3.19
Fussboden:	23.28	21.39

Bevor wir Schlüsse aus diesen Beobachtungen ziehen, wollen wir zum Vergleiche über eine zweite am 12. Februar 1875 gemachte Beobachtungsreihe berichten. Hierbei waren im Allgemeinen die Verhältnisse ebenso wie bei den obigen gewählt. Die verbrauchte Menge des doppeltkohlensauren Natrons betrug jedoch nur 5 Kilogr., und die Temperaturbeobachtungen wurden vor und nach dem Schöpfen der Luft an den gleichen Stellen, an welchen die Luft entnommen wurde, gemacht. Die Bestimmungen der Kohlensäure nahmen wir dreimal in einem Zwischenraume von 15 Minuten an je 6 Orten vor, die im mittleren Zimmerlängsschnitt auf zwei Verticalen in ⅓ und ⅔ der Länge sich befanden. In der ersten Verticalen bezeichnen wir den Punkt am Boden mit 1, den in der Mitte mit 2, den an der Decke mit 3, und die Punkte in der zweiten Verticalen bei gleicher Reihenfolge mit 4, 5 und 6. Der einzige wirklich durchgreifende Unterschied gegenüber der vorausgehenden Beobachtung bestand jedoch darin, dass der Saal mit dem in der südöstlichen Ecke desselben befindlichen W o l p e r t'schen Mantelofen stark geheizt wurde, und zwar mindestens 3 Stunden vor Beginn des Versuches.

Die Temperaturen waren:

	$11^h 10^m$	$11^h 40^m$	$11^h 55^m$	$12^h 10^m$
1	10.8	11.8	11.8	12.0
2	20.3	21.9	22.2	22.1
3	31.3	33.8	33.1	31.1
4	9.7	10.3	10.6	10.8
5	19.8	21.3	21.9	21.4
6	27.7	29.4	29.1	27.7

Aus diesen Werthen sind durch Interpolation die Temperaturen für die Momente der Kohlensäurebestimmungen erhalten, und in der folgenden Tabelle beigesetzt.

Die Resultate der Bestimmungen sind:

Bezeichnung des Beobachtungsortes	CO_2 p. m.	Temperatur Gr. C.
	Anfangs:	
1	4.192	11.4
2	5.547	21.3
3	4.665	32.9
4	4.566	10.1
5	4.612	20.8
6	4.758	28.7
	Nach 15 Min.:	
1	3.881	11.8
2	5.115	22.0
3	4.030	33.6
4	3.980	10.4
5	5.299	21.5
6	5.337	29.3
	Nach 30 Min.:	
1	1.129	11.9
2	4.538	22.2
3	3.477	32.7
4	3.821	10.7
5	4.158	21.7
6	4.496	28.1

Die Resultate sind in ähnlicher Weise wie die früheren auf umstehender Zeichnung in den Zimmerlängschnitt eingetragen.

Die Mittelwerthe aus den Kohlensäurebestimmungen sind:

	Bei Beginn:	Nach 15 Min.:	Nach 30 Min.:
Plafond:	4.71	4.68	3.99
Mittlere Höhe:	5.08	5.21	4.35
Fussboden:	4.38	3.93	3.47

Die erste Beobachtungsreihe am 21. October war angestellt, um einen Vergleich mit einem reinen Diffusionsvorgange zu gestatten, weshalb hierbei so viel als möglich alle Luftströmungen vermieden wurden. Von vornherein stand zwar zu erwarten, dass die Resultate nicht ganz identisch mit denen einer vollkommen ungestörten Diffusion wären. Es musste schon durch die etwas stürmische Entwicklung und die dabei auftretende Wärme-Entbindung ein Theil der Kohlensäure in die oberen Parthien des Zimmers getrieben

In 1000 vol. Luft sind vol. Kohlensäure:

Anfangs:

	(3.) 4.665	(6.) 4.758
	(2.) 5.547	(5.) 4.612
Ofen	(1.) 4.192	(4.) 4.566

Nach 15 Minuten:

Ostwand..... Westwand......

	4.030	5.337
	5.115	5.299
Ofen	3.881	3.980

Nach 30 Minuten:

	3.477	4.496
	4.538	4.158
Ofen	3.129	3.821

werden. Sodann veranlassten die im Zimmer anwesenden neun Personen, wenn sie sich auch noch so ruhig hielten, an sich und durch das Einpumpen der Luft mit den Blasbälgen bei der Pettenkofer'schen Kohlensäurebestimmung einige Bewegung der Zimmerluft. Endlich bildeten die Mauern des Saales keinen vollkommenen Abschluss nach aussen hin, und gaben die natürlich nicht genau schliessenden Thüren Veranlassung zu Strömungen von den Nebenzimmern.

Dennoch ist der Effect in dem vorliegenden Falle sehr nahe der gleiche, als ob die Mischung allein durch Diffusion erfolgt wäre. Zur Veranschaulichung tragen wir in einer Zeichnung (Tafel III, Fig. 1) als Ordinaten die Höhen der Beobachtungsorte in Metern auf, für welche die auf der Abscissenlinie eingetragenen Kohlensäuregehalte p. m. gefunden wurden; die ausgezogene Curve I zeigt nun den mit der Zimmerhöhe sich ändernden Kohlensäuregehalt zu Anfang des Versuches, die punktirte II die gleiche Grösse für die Zeit nach 15 Minuten.

Die beiden Curven verlaufen in ihrem unteren Theile beinahe identisch, nur in dem oberen ist eine jedoch nicht bedeutende Verschiebung zu bemerken. Man erkennt also aus der Zeichnung, dass in dem unteren Theile des Zimmers der Kohlensäuregehalt während einer Viertelstunde nur unbedeutend, nämlich von 23 bis 21 p. m. abgenommen hat, und auch nach Oben nur wenig Kohlensäure sich verbreitete, indem sie dort nur von 3 bis 4 p. m. gewachsen ist. Wäre die ganze Kohlensäuremenge sofort nach der Entwicklung im Saale gleichmässig vertheilt worden, so hätte dieselbe etwa 4.7 p. m. betragen müssen, und würde dann die gerade Linie III die Vertheilung darstellen. Die Betrachtung der graphischen Darstellung ergiebt nun, dass in dem vorliegenden Falle kaum eine Kohlensäureverbreitung durch mechanische Strömungen erfolgte. Beachtet man aber noch die Uebereinstimmung der directen Zahlenergebnisse mit den in der Tabelle I, S. 309 berechneten Werthen, so bleibt nur die Annahme, dass in unserem Falle die geringe Luftmischung zum grössten Theil nur durch Diffusion geschah. Sicher würden die gefundenen und berechneten Zahlen noch genauer übereinstimmen, wenn nicht nach dem anliegenden etwas wärmeren Zimmer

durch die Spalten der Thüre eine geringe locale Strömung stattgefunden hätte, welche den niederen Kohlensäuregehalt von 19 p. m. an der Ostseite des Fussbodens und überhaupt die in den Horizontal-Ebenen beobachteten Unterschiede bedingte.

Die hier mitgetheilten Erscheinungen einer nur langsam erfolgenden Verbreitung von Kohlensäuregas in der Verticallinie sind ähnlich denen, welche der Eine von uns[1]) schon früher unter gleich günstigen Verhältnissen in einem Gährkeller beobachtete.

Wir müssen an dieser Stelle noch eine weitere aus unseren Versuchen zu erkennende Thatsache erwähnen. Die zwischen den Curven (Tafel III, Fig. 1) und den Abscissen-Axen gelegenen Flächenräume repräsentiren die in dem betreffenden Zimmerlängsschnitt enthaltenen Kohlensäuremengen, so dass wir aus dem Verlaufe der Curven I und II schliessen müssen, dass der totale Kohlensäuregehalt des Zimmers nach 15 Minuten grösser gewesen sei, als am Anfange der Beobachtung. Der Grund hiefür ist nicht unschwer darin zu finden, dass durch den Aufenthalt von 9 Personen (wenn man für eine Person 18 Liter ausgeathmete Kohlensäure per Stunde annimmt) der Kohlensäuregehalt des Versuchsraumes in 15 Minuten um 1.6 p. m. anwachsen muss. In der That berechnet sich diese Zahl auch sehr nahe aus der zwischen beiden Curven liegenden Fläche und giebt somit einen Beweis, dass in dem geschilderten Versuche unserer Absicht entsprechend auch durch einen sonst selten zu vermeidenden natürlichen Luftwechsel keine Störung bewirkt wurde.

Die zweite am 12. Februar ausgeführte Beobachtungsreihe lieferte ein vollständig verschiedenes Resultat. In der Zeichnung (Taf. III, Fig. 2) ist der Kohlensäuregehalt wieder ebenso wie bei der früheren Zeichnung aufgetragen. Die ausgezogene Curve I ist aus den Beobachtungen direct nach der Kohlensäure-Entwicklung, die punktirte II aus jenen nach 15 Minuten und die gestrichelte III aus dem Kohlensäuregehalte nach 30 Minuten gezogen. Bei vollkommen gleichmässiger Luftmischung hätte der Kohlensäuregehalt bei Beginn der Beobachtungen etwa 4.5 p. m.

1) Forster, Ueber den Zusammenhang der Luft in Boden und Wohnung. Zeitschrift f. Biol., Bd. XI, S. 401 u. ff.

sein müssen, was in der Zeichnung durch die vertikale Linie IV ausgedrückt ist. Es ist nun aus der Zeichnung unschwer zu erkennen, dass die Mischung der Kohlensäure sofort nach der Entwicklung eine beinahe gleichmässige ist, und daraus ist ferner zu folgern, dass die durch Heizung eines Wolpert'schen Mantelofens in einem Raume bewirkte Luftströmung ausreichend ist, um in unserem Falle eine beinahe gleichmässige Kohlensäurevertheilung in der kürzesten Zeit hervorzubringen. Es ist dies um so leichter zu erklären, da die im unteren Theil des Zimmers anfänglich vorhandene Kohlensäure in den Mantel des Ofens eingetrieben wird, sich dort erwärmt, gegen die Zimmerdecke steigt und dann bei allmählicher Wärmeabgabe vermöge des grösseren specifischen Gewichtes zu Boden sinkt, um neuerdings aufgetrieben zu werden. Hiedurch muss selbstverständlich eine rasche und innige Mengung eintreten.

Man sieht aber ausserdem, dass im zweiten Versuche, im Gegensatze zu dem ersten, der Kohlensäuregehalt trotz des Aufenthaltes einer gleichen Anzahl von Menschen nicht zu-, sondern sogar abnimmt. Es muss demnach hierbei eine nicht unbeträchtliche Menge Kohlensäure nach aussen entwichen sein, und zwar deshalb, weil die Heizung Luftströmungen nach allen Richtungen und zugleich eine relativ bedeutende Ventilation durch Mauern etc. und Kamin hervorruft.

Der in dem Vorausgehenden geführte Nachweis, dass die Luftmischung vermittelst der Heizung durch einen Wolpert'schen Ofen eine sehr vollständige ist, scheint für den ersten Moment zu dem Schlusse zu berechtigen, dass gleiches bei allen geheizten und ventilirten Zimmern eintritt.

Wir glaubten auch anfänglich bei der Sommerventilation und bei der Heizung der Schulzimmer an der Gabelsbergerstrasse, wie sie mit Kelling's Calorifere ausgeführt wird, eine so genügende Luftmischung voraussetzen zu dürfen, dass wir durch Bestimmungen der Kohlensäureabnahme in diesen Zimmern die Grösse der Ventilation berechnen könnten, auch dann, wenn wir die Kohlensäure aus doppeltkohlensaurem Natron entwickelten. Die Berechnung der Ventilationsgrösse in dieser Weise ist eben nur unter der Voraussetzung ausführbar, dass die Luft in dem ganzen Raume für

jeden Moment eine gleichmässige Zusammensetzung erlangt, oder mit anderen Worten, sich unendlich rasch mischt. Dann kann die von Seidel[1]) zuerst aufgestellte Formel Verwendung finden.

Bezeichnen wir mit:

m das Volumen des Beobachtungsraumes in cubm.,
V das Volumen der von aussen zugeführten Luft in cubm.,
p den Kohlensäuregehalt des Raumes bei Beginn des Versuches in Theilen der Volumeinheit,
a den Kohlensäuregehalt des Raumes am Ende des Versuchs in Theilen der Volumeinheit,
g den Kohlensäuregehalt der zugeführten Luft in Theilen der Volumeinheit,
t die Versuchsdauer in Stunden,

so ist

$$V = 2.30258 \frac{m}{t} \log \frac{p-g}{a-g}.$$

Mit Hilfe dieser Formel lässt sich bekanntlich die Grösse der Ventilation berechnen, wenn in verschiedenen aufeinander folgenden Zeiten Kohlensäurebestimmungen ausgeführt werden. Derartige Beobachtungen über die Kohlensäureabnahme haben wir nun in den erwähnten Schulzimmern angestellt, nachdem wir in denselben ähnlich wie bei den eben beschriebenen Versuchen etwa aus 5 Kilogr. doppeltkohlensauren Natrons die Kohlensäure entwickelt hatten. Die gefundenen Resultate der Kohlensäurebestimmungen sind in der folgenden Tabelle II zusammengestellt, und ausserdem die hieraus für den Raum eines Zimmers (270 cubm.) gerechnete Ventilationsgrösse V, sowie die für 1000 cubm. gefundene Grösse V_1 beigefügt.

1) Vergl. Abhandl. d. naturw.-techn. Comm. d. bayer. Akad. 1858 Bd. II, S. 86.

Tabelle II.

Ventilationsbestimmungen im Schulhause an der Gabelsbergerstrasse.

Sommerventilation (19. Sept. 1874)			Winterventilation (22. Sept. 1874)		
p und a p. m.	V p. St. u. 270 cubm.	V_1 p. St. u. 1000 cubm.	p und a p. m.	V p. St. u. 270 cubm.	V_1 p. St. u. 1000 cubm.
Parterre					
4.683	3741	13843			
1.784	1264	4675			
1.353	384	1631			
1 261					
Mittel:	1785	6716			
I Treppe					
3.490	1437	5323	3.006	1167	4322
2.313	397	1471	2.237	1943	7194
2.098	2022	7488	1.429	84	310
1.333			1.404		
Mittel:	1286	4761	Mittel:	1068	3942
II Treppen					
2.608	781	2810	2.216	1053	3900
2.146	172	636	1.726	446	1653
1.448	1856	6870	1.565	385	1427
1.013			1.440		
Mittel:	936	3438	Mittel:	628	2326
III Treppen					
3.835	4361	16153	1.946	2148	7955
1.331	2339	8664	1.221	807	2989
0.878	463	1715	1.051	377	1396
0.821			0.985		
Mittel:	2388	8844	Mittel:	1111	4147

Bei der Betrachtung der hier berechneten Ventilationsgrössen V ist sofort die sehr bedeutende Inconstanz derselben bemerkbar. Da die Unregelmässigkeiten dieser Grössen in jedem Zimmer auftreten, so muss wohl eine allgemein wirkende Ursache derselben vorhanden sein, nach der wir zu forschen haben. Nach der Tabelle berechnet sich die mittlere Ventilationsgrösse bei der Sommerventilation auf 5940 cubm., bei der Heizung aber nur auf 2593 cubm. Wir haben nun gleichzeitig mit den Kohlensäurebestimmungen auch Anemometerbeobachtungen gemacht, welche später angeführt werden sollen. Aus diesen lässt sich nachweisen, dass in der Stunde die durch die Ventilationskanäle aus den Räumen ausgetretene Luft bei der Sommerventilation im Mittel 1103 cubm., und die bei der Heizung eingetriebene Luft 2204 cubm. beträgt. Die aus den Kohlensäurebestimmungen gerechnete Ventilationsgrösse sollte nun die Summe der künstlichen und natürlichen Ventilation des Beobachtungsraumes liefern, während die Anemometerbeobachtungen nur die künstliche Ventilation geben. Die aus den Kohlensäurebestimmungen gerechnete Ventilation müsste demnach grösser als die mit dem Anemometer beobachtete sein, und besonders bei der Heizung, da hier die natürliche Ventilation zu relativ bedeutender Grösse anwachsen kann. Dem entsprechen unsere Erfahrungen keineswegs. Durch diese darf man sich jedoch nicht zu dem Schlusse verleiten lassen, es sei während der Sommerventilation die Grösse des natürlichen Luftwechsels eine ganz ausserordentliche, nämlich 4873 cubm., bei der Heizung dagegen eine verhältnissmässig geringe, nämlich 398 cubm. gewesen. Man wird dies Beobachtungsresultat nur in folgender Weise deuten können. Da die Luftproben zur Bestimmung des CO_2-Gehaltes stets am gleichen Orte entnommen wurden, so lassen die Unregelmässigkeiten in den Grössen V der Tabelle II erkennen, dass in den beobachteten Fällen locale Strömungen der austretenden und eingetriebenen Luft sich ausbildeten, die natürlich durch verschiedene Ursachen ihre Richtung ändern können und dadurch unter den gegebenen Verhältnissen den verschiedenen CO_2-Gehalt der Luftproben bedingten. Wider Vermuthen ist also die Luftmischung, welche bei der Sommerventilation, wie bei der Heizung durch die Kelling'sche Calorifere eintritt, weit geringer als bei der früher

beschriebenen Heizung mit dem Wolpert'schen Mantelofen. Die Voraussetzungen, welche der oben dargestellten Formel von V zu Grunde liegen, sind demnach hier nicht annähernd erfüllt. Bei der Sommerventilation wird die Luft in der Nähe des Bodens aus dem Zimmer weggeführt, bei der Heizung aber in der Nähe der Decke eingetrieben. Weil nun eine momentane Mischung nach der Kohlensäure-Entwicklung nicht eintrat, so musste bei der Sommerventilation gerade die kohlensäurereiche Luft weggenommen werden, während bei der Heizung eine grössere Luftmenge eingetrieben wurde, die sich nicht mit der Luft in den unteren Partien des Raumes zu mischen brauchte, sondern kohlensäurearm wieder aus dem Zimmer entweichen konnte. Da aber in beiden Fällen die Luftproben für die Kohlensäurebestimmung etwa ½ m. über dem Boden geschöpft wurden, so sind damit die eigenthümlichen Zahlen für die Ventilationsgrössen bei der Sommerventilation und bei der Heizung leicht erklärlich.

Um die Regelmässigkeit des eben erwähnten Einflusses übersichtlich darzulegen, geben wir noch in dem Folgenden sowohl für die Sommerventilation als auch für die Heizung die aus den Kohlensäure- und Anemometerbestimmungen gerechneten Ventilationsgrössen, sowie den Quotient aus denselben.

	Sommerventilation.			Heizung.		
	Ventilationsgrösse nach			Ventilationsgrösse nach		
	CO_2-Best.	Anem.-Beob.		CO_2-Best.	Anem.-Beob.	
	a	b	$\frac{a}{b}$	a	b	$\frac{a}{b}$
III Treppen	2388	1583	1.5	1111	2832	0.4
II Treppen	936	858	1.1	628	1087	0.6
I Treppe	1286	1103	1.1	1068	2691	0.4
Parterre	1785	868	2.0	—	—	—
		Mittel:	1.4		Mittel:	0.5

Aus der Gesammtheit der Beobachtungen über die Vertheilung der Kohlensäure bei Entwicklung aus doppeltkohlensaurem Natron lassen sich nun folgende etwas allgemeinere Schlüsse ziehen:

Die Kohlensäureverbreitung durch Diffusion ist eine sehr langsame; ein reiner Diffusionsvorgang kann, jedoch nur in sehr

seltenen Fällen, auch in grösseren Zimmern beobachtet werden, wenn jede Luftbewegung durch äussere mechanische oder Wärmeströmungen ausgeschlossen ist.

Die mechanische Luftbewegung, wie dieselbe bei der Aspirations- oder Pulsionsventilation in geschlossenen Räumen stattfindet, bewirkt keine gleichmässige und rasche Luftmischung, wenn nicht gleichzeitig Wärmeströmungen in der Luft hervorgerufen werden. Dagegen veranlassen die Strömungen durch Temperaturunterschiede, wie sie schon ein geheizter Mantelofen erzeugt, eine fast momentane Mischung.

b) Vertheilung der ausgeathmeten Kohlensäure.

Wir haben schon erwähnt, dass bei einer grossen Anzahl von Beobachtungen in den verschiedensten Räumen dann, wenn durch den Aufenthalt von Menschen Kohlensäure in denselben sich anhäuft, ein nahezu gleicher Kohlensäuregehalt der Luft in allen Höhen gefunden wurde, was selbstverständlich nur bei einer sehr raschen Luftmischung stattfinden kann. Eine Bestätigung für die Richtigkeit dieser Thatsache bildet, wie schon Pettenkofer angab, die Verwendbarkeit der Seidel'schen Formel zur Berechnung der Ventilationsgrösse aus den Beobachtungen der Kohlensäureabnahme; denn die Rechnungsresultate, welche mit der unter der Voraussetzung einer unendlich raschen Luftmischung abgeleiteten Formel erhalten wurden, zeigen meist einen so regelmässigen Gang, dass man annehmen muss, es habe die Formel mit Recht in den gegebenen Fällen Anwendung gefunden.

Wenn nun, wie wir nachgewiesen, die Diffusion der Gase, welcher man sonst die thatsächlich rasche Luftmischung zuschrieb, nur in relativ langer Zeit zu einer gleichmässigen Vertheilung derselben führt, so muss die Folgerung gezogen werden, dass bei dem Aufenthalte von Menschen in geschlossenen Räumen andere Ursachen eine rasche und gleichmässige Verbreitung der gasförmigen Ausscheidungen des Menschen, speciell der Kohlensäure bewirken. Obwohl nun mehrere dieser bewegenden Kräfte bereits wohl bekannt sind, so sind wir doch gezwungen, dieselben hier zu erwähnen, weil man die Wirkung derselben zur Mischung der Zimmerluft meist etwas unterschätzt hat.

Zuerst ist daran zu erinnern, dass die Temperatur des Körpers der athmenden Personen, sowie die der ausgeathmeten Luft bei den über Ventilation angestellten Untersuchungen wohl stets höher als die Temperatur des Raumes ist; dadurch entsteht bekanntlich ein ziemlich lebhafter vom Körper aufsteigender Luftstrom, der die Fortführung und Verbreitung der Athemluft bewirkt, ähnlich wie auch Erismann[1]) in fast gleichzeitig mit den unseren angestellten Versuchen eine raschere Verbreitung von Kohlensäure im Raume beobachtete, wenn das entwickelte Gas eine höhere Temperatur besass. Sodann gelangt bei der Athmung die Kohlensäure (bei etwa 4% derselben in der Athemluft) bereits viel verdünnter in die Zimmerluft, als dies bei der plötzlichen Entwicklung grösserer Mengen derselben, wie z. B. in unseren oben erwähnten Versuchen, der Fall ist; aus diesem Grunde ist eine ungleichmässige Mischung, die in geringem Grade vorhanden sein kann, schwieriger nachzuweisen. Dazu kommt ferner noch, dass bei der Anwesenheit einer grösseren Zahl von Personen in einem Raume, wie etwa in einer Schule, die Entwicklung der Kohlensäure und die aufsteigenden Luftströmungen auf einen grossen Antheil des gegebenen Raumes vertheilt sind, dass also hiebei eine Anzahl relativ kleiner Quellen einer bereits mit Luft verdünnten Kohlensäure unter den möglichst günstigsten Bedingungen zu deren rascher Verbreitung sich vorfindet. Es ist leicht einzusehen, dass unter solchen Umständen anfänglich die vom Körper kommende Kohlensäure in die oberen Partien des Zimmers geführt wird. In der That fanden auch schon Pettenkofer[2]) und nach ihm Andere in schlecht ventilirten Räumen in der Nähe des Plafonds häufig einen etwas höheren Kohlensäuregehalt als in tieferen Schichten. Entsprechend der Abkühlung nun und in geringem Grade ihres grösseren specifischen Gewichtes halber sinkt die Kohlensäure wieder nach unten. Bei dieser doppelten Strömung des ohnehin bereits verdünnten Gases, die bei der Anwesenheit von Menschen in geschlossenen Räumen stattfindet, kann natürlich eine sehr rasche Mischung der Zimmerluft geschehen.

1) Zeitschr. f. Biol., Bd. XII, S. 363.
2) a. a. O.

Immerhin sind jedoch Fälle denkbar, dass auch die durch die Athmung der Menschen entwickelte Kohlensäure sich nur langsam vertheilt, und zwar dann, wenn die sonst eintretenden Wärmeströmungen aufgehoben werden, z. B. in einem Raume, dessen Temperatur höher als 40° C. ist, und theilweise auch dann, wenn die oberen Partien eines Zimmers fortwährend auf einer höheren Temperatur erhalten werden.

Es wird jedoch wahrscheinlich auch in diesen Fällen die Luftmischung durch Strömungen der erwähnten Art, die wir von der relativ wenig wirkenden Gasdiffusion strenge scheiden zu müssen glauben, nicht vollständig verhindert werden, weil eine in manchen Fällen ausgiebige Ursache der Mengung gerade hiebei zur Thätigkeit kommt.

Der Eine von uns hat in einer schon erwähnten Untersuchung[1]) auf den eigenthümlichen von unten nach oben zu stattfindenden Luftwechsel in bewohnten Häusern aufmerksam gemacht, und wir haben diese Erscheinung in unserer ersten Mittheilung[2]) durch Temperatur- und Feuchtigkeitsbeobachtungen in dem Schulhause an der Gabelsbergerstrasse bestätigen können. Es ist nun klar, dass eine derartige Strömung, unterstützt von der künstlichen Ventilation und den häufig im Innern der Zimmer stattfindenden localen Strömungen die Luftmengung ausserordentlich begünstigen muss.

Es ist, wie bereits erwähnt, schon häufig auf die meisten der von uns besprochenen Ursachen einer raschen Luftmischung aufmerksam gemacht worden, jedoch sind dieselben immer als zurücktretend gegenüber der Diffusionswirkung betrachtet, und meist nur zur Erklärung geringer Effecte, wie z. B. der grösseren Kohlensäuremenge an der Decke eines Zimmers verwendet worden.

Wir werden dafür, dass unter gewöhnlichen Umständen in bewohnten Räumen die Athemluft sich annähernd gleichmässig vertheilt, keine neuen Thatsachen beibringen müssen, weil die vielen hierüber vorliegenden Beobachtungen uns zur Genüge beweisend erscheinen; dagegen dünkt es uns nicht unnöthig, die von uns durch Temperatur- und Feuchtigkeitsbeobachtungen, und von dem Einem von uns

1) Zeitschr. f. Biol., Bd. XI, S. 392 u. ff.
2) Zeitschr. f. Biol., Bd. XIII, S. 1.

aus der Vertheilung der in einem Weinkeller durch Gährung entwickelten Kohlensäure geschlossenen Strömung durch ein Haus, mit einer gelegentlichen Beobachtungsreihe in dem mit Schulkindern besetzten Schulhause an der Gabelsbergerstrasse noch weiter zu belegen.

Wir haben am 26. Juni 1874, Vormittags 10^h und Nachmittags 4^h, bei besetzter Schule in dem genannten Schulhause Kohlensäurebestimmungen ausgeführt, um zu prüfen, ob die Güte der Luft in den Schulzimmern eine genügende wäre. Die hiezu verwendeten Luftproben wurden gleichzeitig und an symmetrischen Punkten in sämmtlichen Stockwerken entnommen.

Es ergab sich:

Stockwerk	Anwesende Personen	Kohlensäuregehalt p. m.			Bemerkungen	
		10^h	4^h	Mittel	10^h	4^h
III Treppen	1 Lehrer u. 70 Kinder v. 9 J.	2.17	3.45	2.81	Sehr warm, etwas Geruch, ein Oberfenster zurückgeschlagen.	1 Oberfenster auf. Schüler verlassen eben das Zimmer.
II Treppen	1 „ „ 76 „ „ 8 „	1.22	1.04	1.13	Kein Geruch, ein Fenster und ein weiteres Oberfenster geöffnet.	1 Oberfenster auf. Schule eben beendet, kurz vor Schluss alle Fenster geöffnet.
I Treppe	1 „ „ 62 „ „ 7 „	1.39	2.61	2.00	Kein Geruch, ein Oberfenster geöffnet.	1 Oberfenster auf. Kinder verlassen eben die Schule.
Parterre	1 „ „ 75 „ über 6 „	0.89	1.51	1.20	Kein Geruch, alle Fenster geschlossen.	1 Fenster geöffnet, Kinder noch anwesend.

Aus diesen Beobachtungen, welche, wie schon erwähnt, gar nicht zu dem Zwecke angestellt waren, die Kohlensäurevertheilung in einem Hause zu ermitteln, lassen dennoch die mit den höheren Stockwerken wachsende Kohlensäuremenge erkennen; nur das Zimmer über II Treppen macht eine Ausnahme, was sicher durch das Oeffnen der Fenster bedingt ist. Da man den mit den Stockwerken ansteigenden Kohlensäuregehalt der Schulzimmerluft bei der annähernd gleichen Anzahl der Kinder, die zudem in keiner Relation zu den gefundenen Kohlensäurewerthen steht, und dem gleichen Kubikinhalt der in gerader Linie über einander liegenden Räume nicht wohl auf eine absolut oder relativ verschiedene Grösse in der Pro-

duction des Gases[1]) beziehen kann, so dürfen wir wohl diese Resultate als Bestätigung der Richtigkeit unseres früheren Schlusses ansehen, dass nämlich selbst im Sommer bei der geringen Temperaturdifferenz im Innern des Gebäudes und ausserhalb, eine so beträchtliche Luftströmung durch die über einander liegenden Stockwerke stattfindet, dass erhebliche Mengen Luft und mit derselben auch Kohlensäure aus den unteren Räumen in die oberen geschafft werden.

Es wird kaum nothwendig sein, hier nochmals darauf aufmerksam zu machen, dass scheinbar entgegenstehende Beobachtungen, welche eine Zunahme des Kohlensäuregehaltes für Zimmer der über einander liegenden Stockwerke nicht ergeben, nur dann als beweisend gegen unsere Ansicht aufgeführt werden dürfen, wenn die Beobachtungsräume wie in unserem Falle von gleicher Grösse, und ebenso vollständig von jeder Einwirkung nebenanliegender Zimmer befreit sind.

Die Hauptschlüsse, welche sich aus den vorausgehenden Betrachtungen ergeben, sind:

Die Luftmischung, welche in Wohnräumen durch den Aufenthalt mehrerer Personen eintritt, ist unter gewöhnlichen Umständen eine verhältnissmässig rasche.

Diese Luftmengung wird neben anderen Ursachen auch durch Strömungen hervorgebracht, die selbst bei kleinen Temperaturunterschieden im Innern und Aeussern eines Gebäudes, also beinahe immer in bewohnten Räumen eintreten, und welche nicht unbeträchtliche Luftmengen von Unten nach Oben führen.

5. Wirkung der Ventilation mit Kelling's Caloriferen während des Winters und Sommers.

Wie wir in dem vorigen Abschnitte angegeben haben, war unsere Absicht, in einem Schulhause, das nach Kelling's Luftheizungssystem geheizt und ventilirt wird, durch Versuche mit Anemometern die künstliche, und durch gleichzeitige Beobachtungen der Kohlensäureabnahme die totale, d. h. die aus dem künstlichen

---

1) Wir bemerken hier, dass wir bei der ungenügenden Kenntniss der Kohlensäureproduction in dem Alter der Schulkinder damit beschäftigt sind, mit Hilfe des Pettenkofer'schen Respirationsapparates genauere Zahlenwerthe hiefür aufzufinden.

und natürlichen Luftwechsel zusammengesetzte Ventilation zu bestimmen. Die letztere Grösse konnten wir aus den oben besprochenen Gründen nicht auf dem von uns eingeschlagenen Wege ausmitteln, so dass wir deshalb auch nicht im Stande sind durch Vergleich der beiden Werthe die natürliche Ventilation zu berechnen. Doch glauben wir, dass die Bestimmung der künstlichen Ventilation, wie sie sich aus den Anemometerbeobachtungen ergiebt, einiger Erfahrungen über die Luftströmung in Kanälen etc. halber, von solchem Interesse ist, dass eine Veröffentlichung der gefundenen Resultate sich rechtfertiget.

a) Grösse und Bedarf der Ventilation.

Wir haben in dem Schulhause an der Gabelsbergerstrasse, das auch zu den meisten unserer früheren Untersuchungen gedient hatte, drei getrennte Reihen von Anemometerbeobachtungen ausgeführt. Die erste wurde im Sommer 1874 bei besetzter Schule vorgenommen, wobei wir gleichzeitig die schon angeführten Beobachtungen über Temperaturvertheilung machten. Hiebei diente der Kelling'sche Calorifer nur als Ventilationsapparat, indem die Klappenstellung in den luftführenden Kanälen der sogenannten Sommerventilation[1]) entsprechend gewählt war. Die zweite Reihe führten wir im Herbste 1874 gelegentlich der Beobachtungen über die Kohlensäurevertheilung, und zwar bei Sommerventilation und bei Heizung aus. Endlich war eine dritte Reihe im Januar 1875 nur zu dem Zwecke gemacht, um den Einfluss eines Ansatzes an die Ausströmungsöffnungen der Heizluft kennen zu lernen.

Zu den Anemometerbeobachtungen verwendeten wir theils von Neumann, theils von Salleron in Paris gefertigte Instrumente, für welche wir die zur Berechnung der Luftströmungs-Geschwindigkeit dienenden Formeln durch eigene Vorversuche ausgemittelt hatten. Um die aus den gefundenen Geschwindigkeiten mit einiger Sicherheit durch die Kanäle gehende Luftmenge rechnen zu können, muss natürlich der Versuchsquerschnitt der Kanalmündungen genau gemessen werden können. Wir brachten daher an den Kanalöffnungen einen leichten mit Pappe überkleideten Holzrahmen von

---

1) A. Voit, a. a. O.

gleichem Querschnitte wie die Mündung und von etwa 0.5 m. Tiefe an. Innerhalb dieses Rahmens wurden stets direct nach einander an neun symmetrisch liegenden Stellen des Querschnittes die Anemometerablesungen gemacht. Auf solche Weise allein erschien es uns möglich, einmal in dem Versuchsquerschnitte eine ziemlich regelmässige Luftbewegung zu erzielen, und sodann sehr angenähert die mittlere Geschwindigkeit in demselben zu berechnen. Den Anemometerbeobachtungen wurde jedesmal eine Bestimmung der Lufttemperatur in den Kanalmündungen hinzugefügt. Bei einigen der angeführten Beobachtungsreihen machte eine Person die Versuche nach einander in den einzelnen Stockwerken, bei den anderen dagegen vier Beobachter gleichzeitig in den über einander liegenden Zimmern.

Die Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle III.

Beobachtungen im Schulhause an der Gabelsbergerstrasse.

Sommerventilation.

Stockwerk	Zeit	Mittel	Luftmenge in cubm. pro Stunde	Temperaturen	Mittel der Luftmengen in cubm. pro Stunde	Bemerkungen
			8. Juli 1874.			
III Treppen	$11^h 15^m$	0.403	379.6	26.40	952.4	Heizperiode $^3/_4 8^h$—1^h. Brennstoffmenge: 100 Kgr. Steinkohle. Ueber III Treppen ist die Saalluft etwas übelriechend.
II Treppen	10 50	1.149	1082.4	25.05		
I Treppe	10 20	1.071	1008.9	24.10		
Parterre	10 0	1.421	1338.6	23.60		
			9. Juli 1874.			
III Treppen	$5^h 45^m$	1.076	1013.6	26.95	904.9	Heizperiode 3^h—6^h. Brennstoffmenge: 67.5 Kgr. Steinkohle. 12.5 Kgr. Torf. Kein auffallender Geruch.
II Treppen	5 20	1.138	1072.0	26.85		
I Treppe	4 55	0.826	778.1	26.35		
Parterre	4 30	0.813	755.9	24.90		

Sommerventilation.

Stockwerk	Zeit	Mittel	Luftmenge in cubm. pro Stunde	Temperaturen	Mittel der Luftmengen in cubm. pro Stunde	Bemerkungen
			10. Juli 1874.			
III Treppen	$11^{h}\,50^{m}$	1.012	953.3	26.85	865.9	Heizperiode $^{3}/_{4}8^{h}$—11^{h}. Brennstoffmenge: 122.5 Kgr. Steinkohle. In allen Räumen ist die Luft angenehm.
II Treppen	11 20	0.619	583.1	26.80		
I Treppe	10 55	0.923	869.5	26.70		
Parterre	10 30	1.123	1057.9	25.45		
			11. Juli 1874.			
III Treppen	$8^{h}\,15^{m}$	0.675	635.9	23.35	1138.9	Heizperiode $^{3}/_{4}7^{h}$—10^{h}. Brennstoffmenge: 122.5 Kgr. Steinkohle.
II Treppen	7 50	1.014	955.2	23.70		
I Treppe	7 25	1.397	1316.0	23.80		
Parterre	7 0	1.750	1648.5	23.55		
			13. Juli 1874.			
III Treppen	$8^{h}\,15^{m}$	0.537	505.9	25.70	928.1	Heizperiode $^{3}/_{4}8$—$11^{h}\,10^{m}$. Brennstoffmenge: { 100 Kgr. Torf, 30 „ Steinkohle.
II Treppen	7 50	0.814	766.8	24.85		
I Treppe	7 25	1.140	1073.9	24.70		
Parterre	7 0	1.450	1365.9	24.65		
			14. Juli 1874.			
III Treppen	$5^{h}\,30^{m}$	1.206	1136.1	26.78	966.5	Heizperiode $2^{1}/_{2}$—6^{h}. Brennstoffmenge: { 100 Kgr. Torf, 22.5 „ Steinkohle.
II Treppen	5 0	0.514	484.2	26.98		
I Treppe	4 30	1.121	1056.0	26.68		
Parterre	4 0	1.263	1189.8	24.85		
			15. Juli 1874.			
III Treppen	$2^{h}\,30^{m}$	1.700	1601.4	27.90	1553.7	Heizperiode 12—$3^{1}/_{2}{}^{h}$. Brennstoffmenge: { 135 Kgr. Steinkohle, 75 „ Torf.
II Treppen	2 10	1.686	1588.2	27.45		
I Treppe	1 45	1.690	1592.0	27.15		
Parterre	1 30	1.564	1433.3	25.35		

Sommerventilation.

Stockwerk	Zeit	Mittel	Luftmenge in cubm. pro Stunde	Temperaturen	Mittel der Luftmengen in cubm. pro Stunde	Bemerkungen
18. September 1874.						
III Treppen	9h 30m	0.786	722.3	16.90	1861.7	Die Absicht dieser Beobachtungen ist aus Ursachen, die weiter unten angegeben sind, total vereitelt. Parterre wurden keine Beobachtungen angestellt, weil das Anemometer versagte. Der Luftstrom riecht beim Anheizen in allen Stockwerken nach Verbrennungsgasen. Heizperiode 9h — 11h. Brennstoffmenge: 141 Kgr. Steinkohlen.
	10 0	2.022	1859.1	20.70		
	10 30	2.779	2555.3	24 70		
	11 0	2.621	2410.2	26.85		
II Treppen	9h 30m	0.271	255.5	16.35	820.4	
	10 30	1.471	1385.5	23.80		
I Treppe	9h 15m	0.171	140.8	15.60	576.8	
	9 47	0.523	492.7	17.60		
	10 20	1.164	1096.1	31.80		
19. September 1874.						
III Treppen	9h 30m	1.636	1503.7	17.00	1708.3	Heizperiode 8h 15 — 11h 30m. Brennstoffmenge: 211 Kgr. Steinkohle. Fenster und Thüren in allen Stockwerken geöffnet.
	10 12	1.808	1662.5	17.30		
	10 51	1.992	1830.9	17.55		
	11 14	1.993	1832.0	17.85		
II Treppen	9h 35m	0.903	850.7	16.20	763.2	
	10 16	0.920	866.5	16.25		
	10 53	0.704	663.1	17.10		
	11 20	0.651	672.7	17.20		
I Treppe	9h 35m	1.083	1019.9	15.65	1344.5	
	10 10	1.387	1186.3	15.80		
	11 5	1.945	1831.8	16.85		
	11 15	1.423	1340.0	16.90		
Parterre	10h 25m	0.934	880.4	15.65	1343.2	
	11 15	2.436	2294.2	16.65		
	11 25	0.908	855.2	16.00		

Winterventilation.

Stockwerk	Zeit	Mittel	Luftmenge in cubm. pro Stunde	Temperaturen	Mittel der Luftmengen in cubm. pro Stunde	Bemerkungen
			22. September 1874.			
III Treppen	10h 15m	3.123	2871.4	51.50	3270.8	Heizperiode 8h — 12h. Brennstoffmenge: 178 Kgr. Steinkohle. Fenster und Thüren geöffnet.
	10 45	3.036	2791.4	57.50		
	11 30	4.006	3684.2	59.25		
	12 0	4.063	3736.1	61.90		
II Treppen	10h 15m	1.148	1080.7	48.50	1131.4	Fenster und Thüren geöffnet.
	11 0	1.162	1094.4	52.70		
	11 30	1.361	1282.3	52.70		
	12 0	1.134	1068.1	53.25		
I Treppe	10h 15m	1.868	2571.1	48.40	2821.2	Fenster und Thüren geöffnet.
	11 0	2.043	2811.5	53.45		
	11 20	2.137	2941.6	52.75		
	11 50	2.151	2960.6	60.60		
Parterre						Es findet ein Gegenstrom im Luftzuleitungskanale statt, daher wurde die Klappe geschlossen.

Beobachtungen mit angesetztem Blechkasten.

Stockwerk	Zeit	Mittel	Luftmenge in cubm. pro Stunde	Temperaturen	Mittel der Luftmengen in cubm. pro Stunde	Bemerkungen
			29. Januar 1875.			
II Treppen	8h	0.730	2409.0	46.98		
			30. Januar 1875.			
II Treppen	8h	0.643	2122.0	51.00	2265.5	
			1. Februar 1875.			
Parterre	8h	0.642	2119.0	55.20		
			3. Februar 1875.			
Parterre	9h	0.495	1633.0	46.00	1876.0	

Um einen rascheren Ueberblick zu erhalten, stellen wir nun die im Mittel in den einzelnen Stockwerken gefundenen Ventilationsgrössen zusammen. Es sind hiebei nur die misslungenen Versuche am 18. September ausgelassen.

Tag	Ventilationsgrösse für jedes Zimmer in cubm.	Bemerkungen
8. Juli 1874	952	Sommerventilation
9. Juli 1874	905	"
10. Juli 1874	866	"
11. Juli 1874	1139	"
13. Juli 1874	928	"
14. Juli 1874	966	"
15. Juli 1874	1554	"
19. September 1874	1290	"
22. September 1874	2406	Heizung
28. Januar 1875	3521	"
29 Januar 1875	2409	"
30. Januar 1875	2122	"
1. Februar 1875	1633	"
3. Februar 1875	2119	"

Für ein Schulzimmer beträgt demnach bei dem Kelling'schen Calorifer die Grösse der Sommerventilation im Mittel 1075 cubm. pro Stunde und die Ventilation bei der Heizung 2368 cubm.

Um zu entscheiden, ob diese Ventilation eine ausreichende ist, müssen wir die Luftmenge in Vergleich ziehen, welche man nach den jetzt allgemein angenommenen Normen für die betreffenden Zimmer verlangen muss.

Bezeichnen wir ebenso wie früher mit:

m das Volumen des zu ventilirenden Raumes in cubm.,

V das Volumen der von Aussen zugeführten Luft in cubm.,

p den Kohlensäuregehalt des Raumes am Anfang des Versuches in Theilen der Volumeinheit,

a den Kohlensäuregehalt des Raumes am Ende des Versuches in Theilen der Volumeinheit,

g den Kohlensäuregehalt der zugeführten Luft in Theilen der Volumeinheit,

t die Versuchsdauer in Stunden,

und ferner

v das Volumen der in der Zeiteinheit im Innern des Raumes entwickelten Kohlensäure,

so lässt sich aus einer von Seidel[1]) entwickelten Formel:

$$\log \frac{p(V+v)-(gV+v)}{a(V+v)-(gV+v)} = 0.43429 \cdot \frac{V+v}{m} t$$

erkennen, dass für $t = \infty$:

$$a(V+v)-(gV+v) = 0$$

oder: $$V = \frac{v}{a-g} \cdot (1-a) \quad \text{wird.}$$

Aus dieser Formel lässt sich berechnen, wie gross die Ventilation sein muss, wenn bei einem sehr lange andauernden Versuche der Kohlensäuregehalt in einem Raume einen bestimmten Werth a nicht überschreiten darf. Zur Ausführung dieser Rechnung nehmen wir das Volumen der von einem Kinde von 9—10 Jahren in einer Stunde entwickelten Kohlensäure zu 11 Liter und für einen Erwachsenen zu 18 Liter an.

Unter dieser Voraussetzung rechnen wir für die während unserer Beobachtungen in jedem Raume anwesenden Personen die totale in einer Stunde producirte Kohlensäuremenge v, und mit Hilfe dieser die Ventilationsgrössen, wenn der Kohlensäuregehalt 1‰ oder 2‰ nicht überschreiten darf. Wir finden für die Mittelzahl von 70 Kindern und einem Lehrer $v = 0.788$ cubm. und hieraus für $g = 0.4$‰ und für $a = 1$‰: $V = 1392$ cubm., sowie für $a = 2$‰: $V = 492$ cubm.

Danach bedürfen, selbst wenn man nur einen Kohlensäuregehalt von 1‰ in den Räumen gestattet, diese einer Zufuhr von 1392 cubm. Luft in der Stunde, und bei 2‰ 492 cubm., während die Sommerventilation mit den Kelling'schen Caloriferen 1075 cubm., die Heizung sogar 2368 cubm. Luft lieferte.

Dieser Betrachtung entsprechend müssen wir nach den bisher angenommenen Normen die Grösse der Ventilation durch die Kelling'schen Caloriferen als ausreichend bezeichnen, da bei fortwährend besetzter Schule und der mittleren Ventilation von

1) Vergl. C. Lang, die Formeln zur Berechnung der Ventilationsgrösse etc., Zeitschrift für Biologie, Bd. XII, S. 596 u. ff.

1075 cubm. der Kohlensäuregehalt nur auf 1.1 ‰ und bei der Ventilation von 2368 cubm. sogar nur auf 0.7 ‰ steigen würde. Beobachtet man, dass neben der künstlichen Ventilation immer noch eine nicht unbeträchtliche natürliche Ventilation einhergeht, so könnte man die gebotene künstliche Ventilation sogar für etwas übertrieben halten. Trotzdem haben wir, wie wir später zeigen wollen, bei diesen Ventilationen einen grösseren Kohlensäuregehalt in den Zimmern gefunden, als nach der eben angestellten Rechnung vermuthet werden sollte. Es lässt sich dies nur dadurch erklären, dass die von Aussen gelieferte frische Luft mit der im Raume sich nicht unendlich rasch mischt, eine Vorstellung, die mit unserer mehrfach ausgesprochenen Ansicht übereinstimmt.

Neben den Bestimmungen der Ventilationsgrössen haben wir nicht versäumt, zu prüfen, ob die Luft in den Schulräumen beim Betreten derselben unangenehme Geruchsempfindungen veranlasste. In gewissem Maasse lässt sich aus einer solchen Prüfung bekanntlich wohl ein Schluss ziehen, in wie weit ein Raum als genügend ventilirt bezeichnet werden kann. Eine solch unangenehme Geruchsempfindung erfuhren wir jedoch in unserer Versuchsreihe nur einmal am 8. Juli und zwar im obersten Stockwerke, als bei der hohen Zimmertemperatur von 26.4° der beobachtete Luftwechsel nur 380 cubm. pro Stunde betrug.

Wir glauben uns demnach zu dem Schlusse berechtiget, dass die Ventilation, wie sie in dem Schulhause an der Gabelsbergerstrasse durch den Kelling'schen Calorifer erzielt wird, für gewöhnlich eine vollkommen genügende ist.

b) Aenderung in der Grösse und Richtung der Ventilation durch verschiedene Einflüsse.

Die Ventilationsgrösse wird natürlicherweise durch eine Reihe von äusseren Bedingungen, die theils in der technischen Ausführung der Anlage, theils in anderen Umständen liegen, beeinflusst. Nun haben wir uns zwar nicht die Aufgabe gestellt, alle diese Einflüsse zu eruiren, doch war es uns im Verlaufe unserer Untersuchungen möglich, einige derselben, die ein gewisses praktisches Interesse darbieten, einer genaueren Betrachtung zu unterwerfen.

1) Insbesondere für die Sommerventilation haben wir eine grössere Anzahl von Bestimmungen ausgeführt, die wir in der nachstehenden Tabelle wiedergeben. Hienach ist, wenn am 19. September die später zu besprechenden, bei geöffneten Fenstern und Thüren gemachten Betrachtungen nicht einbezogen werden:

Tabelle IV.

Tag	Ventilationsgrösse für die einzelnen Räume in cubm. pro Stunde				
	III Treppen	II Treppen	I Treppe	Parterre	Mittel
8. Juli	380	1082	1009	1339	952
9. Juli	1014	1072	778	756	905
10. Juli	953	583	869	1058	866
11. Juli	636	955	1316	1648	1139
13. Juli	506	767	1074	1366	928
14. Juli	1136	484	1056	1190	966
15. Juli	1601	1588	1562	1430	1554
19. September	1666	797	1182	868	1128
Mittel:	987	916	1109	1207	1055

Die einzelnen Werthe der Ventilationsgrössen sind, wie aus der Tabelle zu sehen, sehr wechselnd; bald ist in dem einen Stockwerke, bald in dem anderen die Ventilation am grössten. Dennoch spricht sich in den Mittelwerthen eine gewisse Regelmässigkeit aus.

Aus den Zahlen der letzten Horizontalreihe, welche die mittlere Ventilationsgrösse in den einzelnen Stockwerken angeben, lässt sich nämlich deutlich erkennen, dass im Allgemeinen in den unteren Stockwerken der Luftwechsel grösser als in den oberen ist. Nach der Anlage der Ventilationskanäle[1]) ist dies auch leicht erklärlich. Die als Kamine wirkenden Kanäle, welche von den im Souterrain gelegenen Caloriferen zum Dache führen, haben natürlicherweise für alle Stockwerke gleiche Höhe. Die sogenannten Saugkanäle dagegen, welche von den einzelnen Stockwerken zu den Caloriferen leiten, werden für die höheren Stockwerke immer länger. Sie bieten deshalb nach ihrer Länge verschiedene Reibungswiderstände dar und bedingen dadurch die kleineren Zahlen für die höher gelegenen Zimmer des Schulgebäudes.

Keineswegs ist diese in den oberen Stockwerken geringere Ventilation zweckmässig. Wir haben nachgewiesen, dass die Athem-

1) Vergl. Aug. Voit, a. a. O.

producte in den oberen Stockwerken sich in gewissem Grade ansammeln, so dass gerade in diesen eine grössere Ventilation wünschenswerth erscheint. Daher mag es nun kommen, dass im Sommer selbst dann, wenn die Ventilation im Gange ist, in den oberen Stockwerken noch ein Geruch wahrzunehmen ist, während die Luft in den unteren Schulzimmern durchgängig als eine ganz treffliche bezeichnet werden muss. Bei einer Neuanlage der Sommerventilation nach Kelling's System ist auf die hier besprochene Erscheinung wohl Rücksicht zu nehmen. Es scheint uns, dass durch Aenderungen in dem Querschnitte der Saugkanäle einigermassen Abhilfe getroffen werden könnte.

Anders als hier verhält es sich wohl bei der mit der Heizung verknüpften Ventilation im Winter. Bei unsern wenig zahlreichen Versuchen über Heizung jedoch ist eine Gesetzmässigkeit wie bei der Sommerventilation nicht zu erwarten. Wir fanden bei geschlossenen Fenstern und Thüren:

Ventilationsgrösse für die einzelnen Räume in cubm. per Stunde:

	III Treppen	II Treppen	I Treppe	Parterre	Mittel
am 28. September	3133	1081	2781	—	2332

Es lässt sich aber wohl mit Bestimmtheit vermuthen, dass, umgekehrt wie bei der Sommerventilation, bei der Heizung aus einer grösseren Anzahl von Beobachtungen für die höheren Stockwerke eine immer wachsende Ventilation sich ergeben wird, da hierbei die Heizkanäle als Kamine wirken, und deshalb unter sonst gleichen Verhältnissen der höhere Kamin auch eine bedeutendere Luftmenge liefern wird. Die eben angegebenen Zahlen, namentlich die relativ enorme Ventilationsgrösse im 3. Stockwerke sprechen in der That sehr zu Gunsten dieser Annahme. Wenn sich dies fernerhin bestätigt, was wir kaum bezweifeln, so müsste bei einer Neuanlage auch hierauf geachtet werden.

2) Die Ventilationsgrösse kann, wie weiter zu vermuthen ist, auch davon abhängig sein, ob die zu ventilirenden Räume möglichst verschlossen sind oder mit Nebenräumen, wie Corridor etc., und mit dem Freien direct in Verbindung stehen. Man weiss beispielsweise, dass unter gewissen Umständen das in dem Ofen eines völlig

geschlossenen Raumes angezündete Feuer durch das Oeffnen der Thüre hell angefacht wird, da nun reichlicher Luft dem Verbrennungsheerde zuströmen kann. Aehnliches könnte auch in unsern Schulzimmern der Fall sein. Es schien uns daher räthlich, zu untersuchen, in wie weit durch das Oeffnen der Fenster und Thüren unter sonst gleichen Bedingungen die Ventilationsgrösse geändert würde.

Wir entnehmen der Tabelle III, Seite 330 und 331, je drei unmittelbar auf einander folgende Bestimmungen, welche in den vier Stockwerken zu diesem Zwecke am 19. September 1874 etwa von 10—11 Uhr und am 22. September von 11—12 Uhr Vormittags ausgeführt wurden. Zu den angegebenen ersten und dritten Anemometerablesungen wurden die Versuchsräume sorgfältig geschlossen gehalten, während die inzwischen liegende Bestimmung wie in der Tabelle jedesmal bemerkt, bei weit geöffneten Thüren und Fenstern geschah. Das Mittel der ersterwähnten Beobachtungsresultate stellen wir zum Vergleiche mit den letzteren zusammen und erhalten so:

I. Bei der Sommerventilation:

		III Treppen	II Treppen	I Treppe	Parterre	Mittel
19. Septbr.	Fenster u. Thüren geschlossen	1747	769	1263	868	1162
	„ „ „ geöffnet	1831	663	1832	2294	1655

II. Bei der Heizung:

		III Treppen	II Treppen	I Treppe	Parterre	Mittel
22. Septbr.	Fenster u. Thüren geschlossen	3264	1081	2886	—	2410
	„ „ „ geöffnet	3684	1281	2942	—	2636

In der That findet also eine nicht ganz unbedeutende Steigerung der Ventilation statt, wenn die Fenster und Thüren geöffnet sind. Dies lässt sich sehr einfach aus den in diesem Falle geringeren Widerständen erklären, welche den Strömungen der Luft aus den Sälen im Wege stehen. Damit stimmt denn auch, dass die erhaltenen Zahlen bei der Sommerventilation relativ etwas grösser als bei der Heizung sind.

3) Wir haben früher[1]) gezeigt, dass durch eine Veränderung in den Ausmündungen der luftzuführenden Kanäle im Sinne einer Giffard'schen Pumpe eine bessere Temperaturvertheilung in den

1) Diese Zeitschrift, Bd. XIII, S. 23.

geheizten Räumen kaum hervorgerufen wird. Gleichzeitig mit den damaligen Temperaturbestimmungen wurde auch die Grösse der künstlichen Ventilation gemessen. Die erhaltenen mittleren Luftmengen, welche pro Stunde in die Räume mit und ohne das früher beschriebene Ansatzrohr geliefert wurden, sind der Haupttabelle S. 331 entnommen, nachstehend aufgezeichnet.

I. Ohne Ansatzröhre:

22. September 1874	II Treppen	1081
18. „ „	Parterre	2886
	Mittel:	1983

II. Mit Ansatzröhre:

29. Januar 1875	II Treppen	2409
30. „ „	II „	2122
1. Februar „	Parterre	2119
3. „ „	„	1633
	Mittel:	2071

Auch die Anemometerbeobachtungen zeigen somit, dass die gelieferte Luftmenge mit dem Ansatze nicht grösser als ohne denselben, mithin eine der Giffard'schen Pumpe ähnliche Wirkung nicht erzielt wird.

Nicht nur die Grösse der Ventilation kann unter Einflüssen, von denen wir eben drei betrachtet haben, variiren, auch eine Veränderung in der Richtung der Ventilationsströmung ist ebenso möglich. Wir hatten im Verlaufe unserer Untersuchungen zweimal Gelegenheit, eine dem Zwecke nicht entsprechende Luftströmung in sehr auffallender Weise eintreten zu sehen.

1) Bei der Beobachtungsreihe über Sommerventilation am 18. September war der Versuch vollständig misslungen. Obwohl der sehr tüchtige Heizer vollkommen nach Vorschrift verfahren war, so gelang es demselben doch nicht, eine Sommerventilation zu erzielen. Anstatt dass die Luft aus den Zimmern entnommen, durch den Caloriferraum geleitet und nach der Erwärmung in den Speicherraum entleert wurde, fand gerade der umgekehrte Luftstrom statt. Die warme Luft trat in die Zimmer, die kühlere Aussenluft dagegen strömte durch die auf dem Speicherraume mündenden Ausführungskanäle nach unten. Selbst als wir eine Zeit lang die Ventilationsöffnungen geschlossen liessen, um die nach

oben führenden Kanäle zu erwärmen, schlug beim abermaligen Oeffnen der Klappen die Strömungsrichtung wieder um, und es wurde in den Zimmern nicht ventilirt, sondern mit immer wachsender Intensität geheizt. Offenbar waren die im Innern des Gebäudes eingeschlossenen hohen, auf dem Speicherraum mündenden Kanäle in der relativ warmen Jahreszeit und nach längerem Nichtgebrauche während der Ferien kälter als die Zimmerluft, so dass gleich beim Beginne der Heizung sich leicht eine verkehrte Stromrichtung ausbildete. Wir erwähnen diesen Uebelstand, weil er auch sonst namentlich im Beginne der Sommerventilationsperiode vorkommen und dann zu sehr grossen Unzuträglichkeiten führen kann. Wenn man, wie wir es für den kommenden Tag ausführten, vor Beginn der Ventilation etwa einen halben Tag lang die hohen Kanäle erwärmt, wird in einfacher Weise dem Uebelstande vorgebeugt. Dies geschieht dadurch, dass die Klappen einige Zeit wie bei der Heizung gestellt werden, mit der Ausnahme, dass die Heizluft nicht in die Zimmer, sondern in den Speicherraum geleitet wird. Erst wenn die von den Caloriferen zum Dache führenden Kanäle hierdurch völlig durchwärmt sind, ist den Klappen die Stellung für die Sommerventilation zu geben.

2) Bei der am 22. September 1874 durchgeführten Heizung mit Winterventilation gelang es nicht, in allen Räumen eine Heizung zu bewirken. Obwohl wir längere Zeit die Klappen entsprechend der sog. Circulation[1]) gestellt hatten, um die Heizkanäle zu erwärmen, wurde jedesmal beim Umstellen auf Winterventilation im Parterreraum nicht die Heizluft eingetrieben, sondern immer noch Luft aus dem Zimmer wie bei der Sommerventilation entnommen. Dies Ergebniss war um so frappirender, als eine solche Gegenströmung nach der Construction der Kelling'schen Caloriferen nur dann stattfinden kann, wenn die Luft aus dem betreffenden Zimmer in einen der zu andern Zimmern führenden Kanäle überströmt. Dies schien aber für den ersten Moment deshalb nicht denkbar, weil gerade bei Kelling's System für jedes Zimmer getrennte Heizkammern vorhanden sind und die Kanäle für die verschiedenen Stockwerke sonach nirgends in einen gemeinschaft-

1) Vergl. Aug. Voit. Zeitschr. d. b. Ing.- und Archit.-Vereins, 1873, Blatt XII, Fig. 1.

lichen Raum münden oder einem solchen entspringen. Eine einzige, jedoch indirecte Verbindung existirt und zwar in dem gemeinschaftlichen Kanale, der die frische Luft von Aussen in die Heizkammern liefert. Offenbar muss hier der Uebergang der Luft aus dem Parterreraum in die oberen Stockwerke stattfinden, in der Weise, wie es in der schematischen Zeichnung (Taf. III Fig. 3) durch Pfeile angedeutet ist.

Der Kanal, welcher die frische atmosphärische Luft zuzuführen hat, bietet unter gewissen Umständen an den weiter nach rückwärts liegenden Stellen dem Zuströmen der Luft einen grösseren Widerstand als der vom Parterre in die Heizkammer führende Kanal. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die Luft im Parterrekanale kühler als die im Zuströmungskanale ist. Darnach ist es erklärlich, dass ein Gegenstrom in so auffallender Weise, wie im vorliegenden Versuche, der noch in einer wärmeren Jahreszeit ausgeführt wurde, auftreten konnte. Im Winter ist wohl meist, namentlich wenn die Heizung nicht etwa für längere Zeit unterbrochen wird, die Luft der im Innern des Hauses gelegenen Kanäle wärmer als die atmosphärische Luft. Aus diesem Grunde werden die in dem gemeinschaftlichen Zuleitungskanale gebotenen Widerstände für die äussere Luft von dieser leichter überwunden und tritt daher eine derartige Störung, wie sie von uns im Herbste beobachtet wurde, während der Heizungsperiode wohl nur selten auf. Dessungeachtet scheint uns die Anlage des gemeinschaftlichen Kanales für sämmtliche Heizkammern nicht ganz rationell zu sein. Auf denselben Grund nämlich, aus welchem wir in unserem Falle eine so bemerkenswerthe Unzukömmlichkeit in der Heizung erklären müssen, im Vereine mit einem bereits früher angegebenen Punkte haben wir den Umstand zurückzuführen, dass in dem Parterresaale des Schulhauses von dem geübten Heizer eine genügende Heizung nur mit grosser Mühe und Sorgfalt bei der Feuerung bewirkt werden kann, und dass die Menge der in den Parterreraum eintretenden Heizluft meist geringer ist als die, welche in die darüber gelegenen Räume geführt wird.

Man sieht leicht ein, dass die in dem complicirten Kanalsystem des Calorifers oft unerklärlich scheinenden Luftbewegungen stets nur auf Luftdruckdifferenzen innerhalb sowohl wie ausserhalb der

Kanäle zu beziehen sind, welche durch verschiedene Umstände, Temperatur- und Widerstandsänderungen etc. bedingt und beeinflusst werden. Bei der Anlage und Leitung solcher Heizungs- und Ventilationseinrichtungen muss daher auf diesen Umstand wesentlich Rücksicht genommen werden, was nach unserem Dafürhalten von den ausführenden Technikern noch nicht genügend geschieht.

c) Wärmeaufwand für die Ventilation.

In allen Fällen haben wir den für die Heizung der Caloriferen nöthigen Brennmaterialaufwand aufgezeichnet, und können somit nach den schon in unserer ersten Mittheilung[1]) benutzten Brennwerthen ebenso wie dort die in jedem einzelnen Falle für alle Stockwerke per Stunde verfügbaren Wärmemengen berechnen. Da wir nun gleichzeitig die Grössen des künstlichen Luftwechsels beobachtet haben, so können wir auch die für alle Stockwerke per Stunde giltige Ventilationsgrösse, welche durch den gerechneten Wärmeaufwand geleistet wird, angeben.

Es sind die gefundenen Werthe:

Tabelle V.

Für Sommerventilation:

Tag	Totale Ventilation für alle Stockwerke per Stunde in cubm.	Wärmeaufwand für alle Stockwerke per Stunde in W.-E.
8 Juli	3810	114 460
9. Juli	3620	145 350
10. Juli	3463	229 510
11. Juli	4555	229 510
13. Juli	3713	148 150
14. Juli	3866	127 760
15. Juli	6211	291 350
19. September	4513	383 500
Mittel:	4219	208 699
Für Heizung (mit Ventilation):		
22. September	6995	262 550

Diese Zahlen wollen wir zur Beurtheilung der Ventilations-

1) Diese Zeitschrift, Bd. XIII, S. 2 u. ff.

leistung, welche mit dem Kelling'schen Calorifer erzielt wird, verwenden. Wir vergleichen nun zuerst den Wärmeaufwand des Calorifers bei Sommerventilation mit der Wärmemenge, welche ein sogenannter Zugkamin unter Vernachlässigung aller Widerstände und Verluste bei gleicher Ventilationsgrösse verbrauchen würde. Der totale Wärmeaufwand W besteht bei einem Zugkamine in der Wärmemenge, die der in das Kamin eintretenden Luftmenge mitgetheilt werden muss; es ist dieselbe

$$W = Ls\gamma t,$$

wobei W den totalen Wärmeaufwand, L die in der Zeiteinheit gelieferte Luftmenge, $s = 0.24$ die Wärmecapacität und $\gamma = 1.3$ das specifische Gewicht der Luft, sowie t die Temperaturdifferenz bedeutet, um welche die Luft zu erwärmen ist.

Nach Redtenbacher[1]) ist die mittlere in einem Zugkamine nothwendige Temperatur 60° C., so dass der totale Wärmeaufwand sich für die im Mittel gelieferte obige Ventilationsgrösse von 4219 cubm. auf

$$W = 78\ 980 \text{ W.-E.}$$

berechnet.

Da nun der Wärmeaufwand für den gleichen Luftwechsel thatsächlich 208 699 W.-E. beträgt, so ist das Güteverhältniss der Sommerventilation 38 %.

Zur Berechnung des Nutzeffectes der mit Ventilation verbundenen Heizung können wir nur einen Versuch verwerthen, der übrigens unter sehr ungünstigen Verhältnissen angestellt ist. Einmal ist die Heizung nicht in der kalten Jahreszeit vorgenommen, und dann mussten wir, wie schon erwähnt ist, die Heizklappe im Parterreraume abschliessen. Nach den Beobachtungen am 22. September 1874 war die totale per Stunde durch einen Calorifer in alle Stockwerke eingetriebene Heizluft 6995 cubm., die mittlere Temperatur 54° C., somit die per Stunde in die Zimmer geleitete Wärmemenge 101 160 W.-E. Da nun nach dem in der Tabelle V angegebenen Brennmaterialaufwande die per Stunde verfügbare Wärme 262 550 W.-E. beträgt, so ist der Nutzeffect der Heizanlage, d. h. der Quotient aus der Wärmemenge, die den zu beheizenden Räumen zugeleitet wird, zu der im Brennmaterial verfügbaren Wärme 39%.

1) Redtenbacher, Maschinenbau S. 452.

Die Bestimmung des Güteverhältnisses bei der Sommerventilation sowohl wie bei der Heizung konnte uns keine vollkommen genauen Werthe geben; wir müssen die letztern vielmehr als an der untern Grenze des Güteverhältnisses überhaupt liegend bezeichnen. Die mitgetheilten Untersuchungen sind nämlich nicht in einer für die Berechnung der fraglichen Grössen günstigen Weise angestellt worden, da wir sie ursprünglich zu einem anderen Zwecke ausführten. Wir bemerken dies aus dem Grunde, damit nicht aus Beobachtungen, welche vielleicht für eine andere Heizanlage als die Kelling'schen Caloriferen ein etwas grösseres Güteverhältniss ergeben, etwa gefolgert werde, dass die letztere Anlage auch die bessere sei. Eine solche Folgerung könnte natürlicherweise nur auf Grund von neuen und umfassenderen Untersuchungen gemacht werden.

Aus den in diesem Abschnitte angeführten Beobachtungen haben wir folgende Schlüsse gezogen:

Die durch den Kelling'schen Calorifer erzielte Sommerventilation, wie auch die mit der Heizung verbundene Winterventilation sind in dem von uns untersuchten Gebäude vollkommen ausreichend.

Die Grösse und Richtung der Ventilationsströmung wird durch verschiedene Umstände, die jedoch als zumeist in der technischen Anlage des Systems liegend, leicht einer Aenderung zu unterwerfen sind, in beträchtlichem Maasse beeinflusst.

Der Nutzeffect der Sommerventilation beträgt 38% der theoretischen Leistung, und der der Winterventilation 39%. Beide Werthe dürfen jedoch nur unter Berücksichtigung der bei den Versuchen obwaltenden Umstände zu Vergleichungen mit anderen Beobachtungsresultaten verwendet werden.

6. Wirkung der Ventilation durch Heckmann'sche Caloriferen während des Winters.

Wir haben bisher keine der Heckmann'schen Heizungen in den im ersten Abschnitte genannten Schulhäusern einer eingehenderen Untersuchung unterworfen; dagegen hat der Eine von uns schon im Jahre 1870 im Polytechnikum dahier an einem Calorifer Heckmann's, welcher der in dem Schulhause am Rosenthal befindlichen Centralheizung ganz analog ist, Beobachtungen angestellt, über welche wir hier des Vergleiches wegen berichten wollen.

Der Heckmann'sche Luftheizofen ist in Fig. 4, Tafel III, soweit als es für das Verständniss seiner Wirkung nothwendig, in den Haupttheilen skizzirt. Durch das Innere der gusseisernen etwas complicirt geformten Heizfläche *A* ziehen die Verbrennungsgase in der Richtung der gefiederten Pfeile in den Kamin ab. Die kalte zu erwärmende Luft tritt von unten bei *B* in die gemauerte, die Heizfläche umschliessende Kammer ein, erwärmt sich hier und wird am oberen Theile der Kammer durch Kanäle *C* in die verschiedenen zu heizenden Räume eingeleitet. Diese eben geschilderte in der Richtung der ungefiederten Pfeile verlaufende Bewegung der Luft wird, wie bei jedem Kamin, durch Temperaturdifferenzen bewirkt. Der Calorifer im Polytechnikum, an welchem die Untersuchungen angestellt wurden, dient zur Heizung von drei über einander liegenden Räumen mit 1570 cubm. Inhalt und 912 □m. Abkühlungsfläche; dieselben liegen im nördlichen Flügel des Hauptbaues, sind auf der Nord- und Südseite von ebenfalls geheizten Räumen eingeschlossen und gränzen mit der Westseite, welche die Heizkanäle enthält, an den Corridor, während die Ostwand die Fenster enthält.

Durch die hier mitgetheilten Untersuchungen sollte speciell der Heizeffect der genannten Anlage ausgemittelt werden. Da hierzu selbstverständlich die Ventilationsgrösse sowohl wie die Temperatur der in die zu heizenden Räume eintretenden Heizluft bekannt sein muss, so war es erforderlich, in grösserer Ausdehnung Anemometer- und Thermometer-Beobachtungen zu machen. Diese wurden nun von drei in den über einander liegenden Stockwerken sich aufhaltenden Beobachtern in einer ganz ähnlichen Weise ausgeführt, wie sie von uns oben für die Untersuchungen in dem Schulhause an der Gabelsbergerstrasse beschrieben sind. Doch wurden nicht immer in dem Versuchsquerschnitte 9 zusammengehörige Anemometer- und Thermometer-Ablesungen gemacht, da hier die Vertheilung der Ausströmungs-Geschwindigkeit in dem Versuchsquerschnitte so gleichmässig blieb, dass durch eine oder wenige Beobachtungen mit Hilfe von vorangehenden vollständigen Bestimmungen die mittlere Geschwindigkeit gerechnet werden konnte. Die Beobachtungsresultate sind in der Tabelle VI zusammengestellt. Hierbei entsprechen die eingeklammerten Zahlen den Werthen, wie sie der obigen Angabe gemäss aus den Beobachtungen an nur einer oder wenigen Stellen des Versuchsquerschnittes berechnet sind, während die übrigen Zahlen wie früher gewonnen wurden.

Tabelle VI.

Beobachtungen im Polytechnikum (Calorifer Nr. 8) am 2. Februar 1870.

(Aeussere Temperatur im Mittel — 5.1° C.)

Zeit	Mittelwerthe: Austritts-geschwindigkeit	Mittelwerthe: Temperaturen	Luftmenge in cubm. in 1″	Wärmemenge in W.-E. in 1″
Parterre				
9 h 32 m	1.650	67.8	0.2723	4.877
10 34	2.249	118.4	0.3711	9.804
11 25	2.130	100.1	0.3514	8.291
12 22	(1.191)	(51.0)	0.1965	2.848
1 2	(1.027)	(37.3)	0.1695	1.939
1 47	(1.009)	(31.1)	0.1665	1.659
2 25	(0.944)	(26.7)	0.1558	1.384
3 0	0.893	25.0	0.1473	1.245
I Treppe				
9 h 17 m	1.696	37.7	0.3850	4.440
10 2	2.134	71.8	0.4844	9.044
10 42	2.207	83.3	0.5010	10.406
11 30	1.752	62.7	0.4077	8.678
12 17	(1.605)	(37.9)	0.2643	4.218
12 57	(1.364)	(27.9)	0.3096	2.842
1 37	(1.279)	(21.7)	0.2903	2.210
2 22	(1.136)	(17.2)	0.2579	1.659
3 7	0.964	17.8	0.2188	1.442
II Treppen				
9 h 21 m	2.419	41.8	0.3653	4.557
9 46	3.003	56.8	0.4535	7.126
10 11	3.008	70.7	0.4542	8.386
10 38	3.267	74.5	0.4933	9.461
11 0	3.215	73.6	0.4856	9.231
11 23	3.088	63.8	0.4663	7.986
11 46	2.816	53.7	0.4252	6.418
12 17	(2.319)	(43.8)	0.3502	4.620
12 40	(2.169)	(37.9)	0.3275	3.792
1 4	2.104	34.4	0.3177	3.417
1 35	(1.924)	(29.7)	0.2905	2.796
1 57	1.788	26.7	0.2700	2.398
2 21	(1.684)	(24.1)	0.2543	2.092
2 53	1.778	21.7	0.2685	2.044

Bemerkungen

Brennmaterialverbrauch:
8.4 Kgr. Holz,
156.8 „ Steinkohlen.
9.5 „ Rückstand.

Das Schüren, was ungefähr in 1 m vollendet ist, erfolgte mit je 5 Schaufeln Steinkohlen und zwar in folgenden Zeiten:

8 h 35 m Beginn d. Heizung.
8 42
9 0
9 20
9 40
10 —
10 20
10 40
11 — Ende der Heizung.

Sodann erfolgte
8 h 55 m Eröffnung des Luftkanales,
12 35 Schliessen desselben.

Der sog. Mist wurde um 10 h 2 m und 10 h 42 m ausgenommen und bei dem letzten Nachschüren aufgegeben.

Der Querschnitt der Ausströmungsöffnungen ist für die Kasten
Nr. I 0.227 □m.,
„ II 0.165 □m.,
„ III 0.151 □m.

Diese waren bei der Anemometerbeobachtung so vertheilt, dass:
Kasten Nr. II in Parterre
„ „ I üb. I Treppe
„ „ III üb. II Treppen
sich befand.

Beobachtungen im Polytechnikum (Calorifer Nr. 8) am 13. Februar 1870.
(Aeussere Temperatur im Mittel — 5.4° C.)

Zeit	Mittelwerthe: Austritts-geschwindigkeit	Mittelwerthe: Temperaturen	Luftmenge in cubm. in 1″	Wärmemenge in W.-E. in 1″
Parterre				
9h 0m	(0.889)	(31.0)	0.1467	1.470
9 9	(1.023)	(48.2)	0.1688	2.345
9 23	(1.220)	(71.5)	0.2013	3.860
9 31	(1.429)	(87.4)	0.2358	5.089
9 39	(1.592)	(96.4)	0.2627	6.043
9 50	(1.875)	(110.7)	0.3094	7.845
10 11	1.950	120.0	0.3217	8.594
10 32	(1.882)	(137.5)	0.3105	9.050
10 42	(1.786)	(131.3)	0.2947	8.343
11 0	(1.690)	(116.3)	0.2789	7.367
11 10	(1.568)	(104.5)	0.2587	6.305
11 21	(1.399)	(93.7)	0.2308	5.275
11 32	(1.363)	(82.9)	0.2249	4.672
11 45	(1.387)	(73.2)	0.2289	4.351
11 58	(1.266)	(64.9)	0.2089	3.646
12 13	(1.000)	(57.4)	0.1650	2.626
12 28	(0.948)	(52.3)	0.1564	2.339
I Treppe				
9h 14m	1.578	42.9	0.3582	4.585
9 45	(2.297)	(87.9)	0.5203	11.261
10 30	2.376	99.4	0.5394	12.709
11 18	2.271	82.1	0.5155	10.634
11 40	(1.926)	(59.2)	0.4372	7.117
12 7	1.474	48.2	0.3346	4.683
12 32	(1.039)	(37.3)	0.2359	2.711
12 43	(0.503)	(38.7)	0.1142	1.353
II Treppen				
8h 43m	(1.350)	(23.3)	0.2039	0.1653
8 49	(1.492)	(25.2)	0.2253	0.1942
9 2	1.734	29.1	0.2618	0.2493
9 14	(2.378)	(37.5)	0.3591	0.4163
9 20	(3.086)	(42.4)	0.4660	0.5912
9 25	(2.209)	(47.3)	0.3336	0.4595
9 34	(2.976)	(57.2)	0.4488	0.7134

Bemerkungen

Brennmaterialverbrauch:
8.4 Kgr. Holz,
156.8 „ Steinkohlen,
6.2 „ Schlackenrückstand,
9.4 „ Rückstand im Wasser des Aschenfalls.

Bei dem Schüren bleibt die Ofenthüre etwa 1m geöffnet und wird dabei mit je 5 Schaufeln in folgenden Zeiten aufgegeben:

8h 30m Beginn d. Heizung
8 40
9 0
9 20
9 40
10 0
10 20
10 40 Ende d. Heizung.

Sodann erfolgte
9h 0m die Eröffnung des Luftkanales,
12 40 das Schliessen desselben.

Der Mist wurde um 10h 2m ausgenommen und um 10h 40m auf den Herd gegeben.

Während der Anemometerbeobachtung war:
Kasten Nr. II in Parterre
„ „ I üb. I Treppe
„ „ III üb. II Treppen

Um 1 Uhr sind die Heizöffnungen sowohl Parterre als über I Treppe geschlossen und nur über II Treppen geöffnet.

Zeit	Mittelwerthe		Luftmenge in cubm. in 1"	Wärmemenge in W.-E. in 1"	Bemerkungen
	Austritts-geschwindigkeit	Temperaturen			
II Treppen					
9h 42m	(2.789)	(65.9)	0.4211	0.7417	
9 52	(2.552)	(73.5)	0.3854	0.7356	
10 3	2.975	74.8	0.4492	0.8672	
10 13	(2.947)	(82.0)	0.4450	0.9272	
10 22	(2.960)	(87.2)	0.4470	0.9620	
10 28	(2.933)	(87.8)	0.4429	0.9579	
10 33	(3.076)	(90.0)	0.4645	1.0220	
10 38	(3.106)	(92.9)	0.4690	1.0549	
10 44	(3.123)	(91.8)	0.4716	1.0520	
10 48	(2.834)	(89.2)	0.4279	0.9356	
11 6	3.039	82.6	0.4589	0.9508	
11 17	(2.686)	(71.5)	0.4050	0.7569	
11 21	(2.577)	(71.6)	0.3891	0.7279	
11 26	(2.589)	(69.8)	0.3909	0.7083	
11 30	(2.513)	(67.7)	0.3795	0.6817	
11 32	(2.444)	(66.0)	0.3690	0.6506	
11 38	(2.526)	(63.2)	0.3814	0.6515	
11 45	(2.370)	(58.5)	0.3579	0.6048	
11 49	(2.256)	(56.6)	0.3407	0.5377	
11 53	(2.344)	(54.6)	0.3540	0.5428	
12 3	2.268	53.1	0.3425	0.5144	
12 13	(2.123)	(47.6)	0.3206	0.4437	
12 17	(2.010)	(46.8)	0.3035	0.4147	
12 21	(2.003)	(46.8)	0.3025	0.4133	
12 25	(2.009)	(45.8)	0.3034	0.4079	
12 29	(1.700)	(45.2)	0.2567	0.3417	
12 32	(1.927)	(44.5)	0.2910	0.3819	
12 35	(1.820)	(42.7)	0.2748	0.3512	
12 39	(1.721)	(42.6)	0.2599	0.3309	
12 43	(1.551)	(47.8)	0.2342	0.3251	
12 48	(1.425)	(50.0)	0.2152	0.3090	
1 3	1.667	50.8	0.2517	0.3670	
1 19	(1.471)	(49.3)	0.2221	0.3163	
1 23	(1.413)	(48.8)	0.2135	0.3010	
1h 36m	(1.556)	(49.0)	0.2350	0.3324	
1 47	(1.344)	(47.0)	0.2029	0.2781	
1 50	(1.400)	(45.8)	0.2114	0.2842	

Zeit		Mittelwerthe		Luftmenge in cubm. in 1''	Wärmemenge in W.-E. in 1''	Bemerkungen
		Austritts-geschwindigkeit	Temperaturen			
II Treppen						
1	54	(1.360)	(45.6)	0.2054	0.2752	
2	16	(1.376)	(43.8)	0.2078	0.2702	
3	3	(1.290)	(40.3)	0.1948	0.2379	
3	12	(1.352)	(39.6)	0.2042	0.2461	
3	24	(1.226)	(38.8)	0.1851	0.2197	
4	6	(1.218)	(36.0)	0.1839	0.2064	
5	14	(1.108)	(32.8)	0.1673	0.1750	

Bevor wir die Zahlen dieser Tabelle zu ihrem eigentlichen Zwecke, der Ausmittlung des Heizeffectes der Anlage, verwerthen, wollen wir einige Betrachtungen vorausschicken.

Wir stellen aus der Tabelle die mittleren Temperaturen der in die Zimmer einströmenden Heizluft für die beiden Beobachtungstage zusammen. Zur Berechnung der Mittelwerthe benützen wir nur die zwischen 9^h und 1^h gefundenen Zahlen, weil nur in diesem Zeitraume in allen Stockwerken gleichmässige Beobachtungen angestellt wurden. Wir erhalten so:

	2. Februar:	13. Februar:	Mittel:
II Treppen	50.2°	63.6°	56.9°
I Treppe	55.7	68.5	62.1
Parterre	77.7	86.6	82.1
Mittel:	61.2°	72.9°	

Daraus erkennen wir, dass besonders im untersten Raume die Heizluft sehr bedeutend erwärmt ist, und dass die Temperatur mit den Stockwerken nicht unbeträchtlich abnimmt. Die Temperaturdifferenzen für je zwei auf einander folgende Stockwerke sind an beiden Tagen fast identisch; sie betragen für Parterre und ersten Stock im Mittel 20° C., und für den ersten und zweiten Stock nur 5.2° C. Da nach mancherlei Versuchen des Heizers diesem die Vermeidung von falschen Strömungen in der Heizkammer gelungen war, kann man wohl mit Sicherheit annehmen, dass die Temperatur der Luft an den unteren Querschnitten der gegen die gemein-

schaftliche Heizkammer mündenden Heizkanäle nahe die gleiche ist; nach Oben hin wird dieselbe sonach durch Wärmeverluste innerhalb der Kanäle immer niederer.

Wir fassen ferner die für jeden Raum eintretenden Luftmengen zusammen, wobei wir aus dem gleichen Grunde, wie bei den oben angeführten Mittelwerthen der Temperatur, nur die zwischen 9^h und 1^h gefundenen Zahlen berücksichtigen. Die in einer Secunde eindringenden Luftmengen sind:

	2. Februar:	13. Februar:	Mittel:
	cubm. p. S.	cubm. p. S.	cubm. p. S.
II Treppen	0.418	0.377	0.397
I Treppe	0.420	0.426	0.423
Parterre	0.283	0.233	0.258
Mittel:	0.374	0.345	

Die Zahlen für die einzelnen Stockwerke zeigen anscheinend keine Gesetzmässigkeit; doch geht mit Sicherheit aus ihnen hervor, dass die oberen Theile des geheizten Hauses eine grössere Menge der Heizluft erhalten. Auffallend scheint hierbei, dass in das oberste Stockwerk eine geringere Menge Luft als in das darunter liegende geliefert wird. Dies rührt jedoch nur davon her, dass die Heizkanäle nicht für alle Stockwerke gleiche Querschnitte haben, sondern von unten nach oben, der Grösse der Räume entsprechend, beziehungsweise 0.16□m., 0.20□m. und 0.15□m. gross sind. Aus der gefundenen Luftmenge und dem Kanalquerschnitte berechnet sich nun die Geschwindigkeit der Strömungen zu 1.61^m, 2.12^m und 2.64^m; die Geschwindigkeiten nehmen also mit der Höhe der Stockwerke zu. Die Kanäle wirken wie Kamine, welche unter sonst gleichen Verhältnissen bei bedeutender Höhe eine mit der Wurzel aus den Höhen wachsende Geschwindigkeit der Luftströmung bedingen. In der That verhalten sich auch in dem vorliegenden Falle die Geschwindigkeiten wie 1 : 1.31 : 1.64, was sehr nahe den Wurzeln aus den Höhen der Kanäle (6^m, 11^m, 15.7^m) entspricht.

Die bisher angeführten Grössen geben nun gleichzeitig die den untersuchten Räumen zugeführten Wärmemengen und damit den Effect des Heckmann'schen Calorifers. Die erhaltenen Wärmemengen sind:

	2. Februar: Wärme-Einheiten	13. Februar: Wärme-Einheiten	Mittel:
II Treppen	136 154	146 271	141 212
I Treppe	132 189	121 861	127 025
Parterre	112 777	76 077	94 427
Total:	381 120	344 209	

Zur raschen Uebersicht über den Effect des Heckmann'schen Calorifers haben wir in der Tafel III, Fig. 5 und 6 die in einer Secunde in jedes Stockwerk gelieferte Wärmemenge graphisch aufgetragen. Die von den gefundenen Curven eingeschlossenen Flächen entsprechen hierbei den während eines ganzen Tages in die einzelnen Stockwerke gelieferten Wärmemengen.

Die den einzelnen Stockwerken zugeleitete Wärmemenge nimmt, wie wir hier kurz bemerken wollen, mit der Höhe der Stockwerke zu. Auch im obersten Stocke ist dies der Fall, trotzdem hier die Ausmündungsöffnung für die Heizluft am kleinsten ist. Es liegt auf der Hand, dass eine solche Vertheilung der Wärmezufuhr für die einzelnen Stockwerke nicht rationell ist. Da nämlich nach unseren früheren Beobachtungen gerade im Parterreraum eine bedeutendere Wärmemenge eingeleitet werden soll, so sind die Kanalquerschnitte, von deren Grösse die Luft- und Wärmezufuhr wesentlich abhängt, bei der bestehenden Anlage unrichtig.

Der Nutzeffect des Calorifers ergiebt sich nun aus den obigen Zahlen und der Vergleichung der durch den genau bestimmten Brennmaterialverbrauch berechneten Wärme. Diese betrug für den 2. Februar 893 430 Wärme-Einheiten, und für den 13. Februar 857 440 W.-E. Der Nutzeffect, d. h. der Quotient aus der in die Räume eingeleiteten, zu der im Brennmateriale verfügbaren Wärmemenge berechnet sich sonach am 2. Februar zu 42 %, und am 13. Februar zu 40 %.

Bei dem Heckmann'schen Calorifer nimmt also nach den mitgetheilten Untersuchungen die Temperatur der eintretenden Heizluft mit der Höhe der Stockwerke ziemlich rasch ab, die Geschwindigkeit der einströmenden Luft nahe mit der Wurzel aus der Höhe der Heizkanäle zu, und der Nutzeffect beträgt im Mittel 41 %.

7. Vergleich der Calorifer-Heizungen von Kelling und Heckmann.

Eine bis ins Einzelne gehende Vergleichung der beiden von uns untersuchten Luftheizungen, der Kelling'schen und der

Heckmann'schen, ist nach den bisher angeführten Beobachtungen nicht anzustellen, besonders deshalb, weil die Untersuchungen des verschiedenen Zweckes wegen nicht bei beiden Heizanlagen gleichmässig durchgeführt wurden, sondern für die Kelling'sche Heizung nur eine, und noch dazu eine unter ungünstigen Bedingungen angestellte Heizbeobachtung vorliegt. Dennoch ist es möglich, schon aus den verhältnissmässig wenigen Zahlenresultaten einige nicht unwichtige Folgerungen zu ziehen.

Die Werthe, welche uns zu einer Vergleichung dienen sollen, entnehmen wir den Tabellen III und VI, führen jedoch hier nur die hieraus berechneten Mittelzahlen an. Es liefern uns dieselben:

Tabelle VII.

a) Die Temperatur der in die Zimmer eintretenden Heizluft.

	Calorifer von			
	Kelling.		Heckmann.	
	Mittel-Werth	Maximal-Werth	Mittel-Werth	Maximal-Werth
III Treppen	57	62	—	—
II Treppen	52	63	57	93
I Treppe	54	60	62	99
Parterre	50	55	82	138
Mittel:	53	57	67	110

b) Die Geschwindigkeit der eintretenden Heizluft pro Secunde.

	Calorifer von Kelling:	Calorifer von Heckmann:
III Treppen	3.56 m	— m
II Treppen	1.20	2.64
I Treppe	2.50	2.12
Parterre	0.52	1 61
Mittel:	1.94	2.12

c) Ventilationsgrösse.

	Calorifer von Kelling: cubm. p. St.	Calorifer von Heckmann: cubm. p. St.
III Treppen	3270	—
II Treppen	1509	1369
I Treppe	2821	1524
Parterre	1876	929
Mittel:	2396	1274

d) Nutzeffect.

Calorifer von Kelling:	Calorifer von Heckmann:
39 %	41 %

Alle in der Temperatur und Geschwindigkeit der Heizluft, sowie in der Ventilationsgrösse gefundenen Unterschiede für die beiden Heizanlagen lassen sich aus dem Unterschiede ihrer Construction erklären. Die wesentlichste Constructionsdifferenz besteht darin, dass bei dem Kelling'schen Calorifer für jeden zu beheizenden Raum eine von den übrigen fast vollständig getrennte, bei dem Heckmann'schen jedoch eine für alle Räume gemeinschaftliche Heizkammer sich vorfindet.

Aus den unter *a* angeführten Zahlen geht hervor, dass im Mittel die Temperatur der austretenden Heizluft bei dem Heckmann'schen Calorifer erheblich höher als bei dem Kelling'schen ist. Man könnte glauben, und manche der ausführenden Techniker behaupten dies, dass nur die Ungeschicklichkeit der Heizer so hohe Temperaturen (bis zu 138° C., s. o. S. 346), wie sie im Polytechnikum beobachtet wurden, bedinge. Dem ist jedoch nicht so. Wir hatten bei unsern früheren und ebenso bei neuerdings ausgeführten Untersuchungen, über welche wir später zu berichten beabsichtigen, für den Kelling'schen Calorifer niemals eine höhere Temperatur als 65° C., dagegen bei Caloriferen mit gemeinschaftlichen Heizkammern, sowohl bei solchen von Heckmann wie von Boyer, meist beträchtlich höhere, selbst den oben erwähnten Maximalwerth von 138° C. noch überschreitende Zahlen gefunden. Der Grund hiervon ist nun folgender:

Bei den Caloriferen mit einer für mehrere zu beheizende Räume gemeinschaftlichen Heizkammer können durch wechselnde Widerstände und Temperaturdifferenzen in- und ausserhalb der Heizkanäle Luftströmungen auftreten, deren Richtung dem Zwecke der Heizung entgegengesetzt ist, so dass in einzelne Räume eine zu geringe, in andere dagegen eine zu bedeutende Wärmemenge geführt wird. Dann aber kann durch bedeutende Temperaturdifferenzen an der Heizfläche, die durch die Art der Feuerung etc. bedingt sind, eine Luftcirculation im Innern der Heizkammer ent-

stehen, welche das Einströmen der Luft in die Heizkanäle verhindert, so dass sogar der eine oder andere Heizkanal, je nach seiner Lage in der Kammer, kalte Luft aus dem die frische Luft zuführenden Kanal vollkommen unerwärmt in die Zimmer liefern kann. Dies ist selbstverständlich noch leichter der Fall, wenn die Heizkanäle einen relativ grossen Querschnitt haben. Beide Uebelstände hatten wir mehreremals zu beobachten Gelegenheit. So wurde beispielsweise bei der ganz gut geleiteten Heizung durch Heckmann'sche Caloriferen im neuen Rathhause dahier stets ein Raum zu bedeutend erhitzt, während gleichzeitig ein anderer, der mit der gleichen Heizkammer in Verbindung stand, stets ungenügend sich erwärmte. Bei einer Boyer'schen Heizanlage in dem Schulhause an der Frauenstrasse traf es sich ebenso gar nicht selten, dass trotz aller Heizung in gewissen aus der gemeinschaftlichen Heizkammer entspringenden Kanälen fast völlig unerwärmte Luft nach oben strömte. Aenderungen in der Stellung der an den Heizkanälen angebrachten Klappen sind in solchen Fällen nur ein ungenügender Behelf. Ein tüchtiger Heizer nun wird, durch allmälige Erfahrung geleitet, zu der Uebung kommen, in dem Innern der Heizkammer eine, wie er sich ausdrückt, hohe Spannung durch hohe Temperaturen zu erzeugen, damit in allen Heizkanälen eine ausreichende Strömung veranlasst wird; und er wird höchstens sodann eine Abschwächung für einzelne Räume durch die Klappen hervorzubringen suchen. Bei den erwähnten Anlagen ist sonach die hohe Temperatur der in die Räume eintretenden Heizluft eine durch die Anlage selbst bedingte Nothwendigkeit. Solch grobe Fehler, wie die eben erwähnten, können nur, was auch in dem vorliegenden Falle geschah, durch Aenderung der Heizkammer gebessert werden; die geringeren, mehr oder weniger während des ganzen Betriebes solcher Heizanlagen mit gemeinschaftlicher Heizkammer bemerkbaren Uebelstände können, jedoch nur von geschickten Heizern, namentlich dadurch vermindert werden, dass sie durch Auswahl des Brennmateriales und die Art der Feuerung eine möglichst gleichmässige Erwärmung der Heizfläche erzielen, und somit jede Luftcirculation innerhalb der Heizkammer vermeiden.

Nur bei Heizungen mit getrennten Heizkammern, wie bei dem Kelling'schen Calorifer, können falsche Strömungen nicht leicht auftreten, so dass man die Heizluft mit einer verhältnissmässig niederen Temperatur in die Räume eintreten lassen kann; aber selbst bei dem Kelling'schen Calorifer konnten wir, wie oben erwähnt, unter ungünstigen Verhältnissen eine verkehrte Strömung nachweisen. Wir sind daher der Ansicht, dass man in der Trennung der Heizkammern noch weiter, als dies bei der Kelling'schen Anlage der Fall ist, gehen muss, dass nämlich auch der Luftzuführungskanal von der freien Atmosphäre her nicht für die einzelnen Heizkammern gemeinschaftlich, sondern wo möglich für jede getrennt geführt werden soll.

Die Temperaturen, welche oben in a) für die in die einzelnen Stockwerke eintretende Heizluft bei dem Kelling'schen Calorifer gefunden wurden, zeigen keine Gesetzmässigkeit, während dies für die Heckmann'sche Anlage der Fall ist, und auch schon früher von uns besprochen wurde. Wir haben angegeben, dass bei gemeinschaftlicher Heizkammer die Heizluft im Allgemeinen bei gewandter Leitung an dem unteren Ende der Heizkanäle annähernd die gleiche und an den Ausmündungen sodann eine mit der Länge der Kanäle abnehmende Temperatur besitze. Bei getheilten Heizkammern hängt dagegen die Temperatur der Luft an der Ausmündung der Heizkanäle in den Zimmern von einer Reihe anderer Einflüsse in viel höherem Maasse ab. Wirksam in dieser Beziehung sind namentlich die Grösse der Heizfläche, die zu den einzelnen Kanälen gehört, die Lage dieser Fläche gegenüber dem Feuerherde, die Leitung der Feuerung, die Art der Widerstände für die Luftbewegung in den Kanälen u. dgl. Eine Gesetzmässigkeit der Temperaturen für die einzelnen Stockwerke ist demnach bei dem Kelling'schen Calorifer an und für sich nicht in hohem Grade zu erwarten, dagegen ist es durch die Anlage des Calorifers möglich, die Temperatur der Heizluft in allen Stockwerken vollkommen übereinstimmend herzustellen, was thatsächlich bei dem Schulhause an der Gabelsbergerstrasse beinahe erreicht ist.

In engem Zusammenhange mit dem Vorausgehenden steht die unter b) angegebene Geschwindigkeit der in den einzelnen

Stockwerken eintretenden Heizluft. Bei dem Heckmann'schen Calorifer nehmen die Geschwindigkeiten mit der Höhe der Heizkanäle aus bereits angegebenen Gründen zu. Für den Kelling'schen Calorifer dagegen ist ein solcher Zusammenhang nicht nachzuweisen, es müssen demnach hierbei andere Einflüsse den der Kanalhöhe bedeutend überwiegen. Ohne Zweifel ist die Temperatur der aus den getrennten Heizkammern austretenden Luft der bedeutendste Factor der Strömungsgeschwindigkeit; weshalb auch, wie durch Vergleichung der obigen Tabellen zu ersehen ist, die Temperaturhöhe der aus den Heizmündungen austretenden Luft gleichen Schritt mit der Grösse der Geschwindigkeit hält. Im Allgemeinen werden deshalb die Einflüsse, die wir oben für die Temperatur der Heizluft bei der Kelling'schen Heizung aufgezählt haben, auch für die Geschwindigkeit derselben gelten. Wir machen auf diesen Unterschied deshalb aufmerksam, weil es in manchen Fällen wichtig werden kann, in über einander liegenden Räumen zur Erreichung bestimmter Ventilationszwecke die Geschwindigkeit der Heizluft in einem willkührlichen Verhältnisse zu wählen. Dies ist in den meisten Fällen nur bei einer Anlage mit getrennten Heizkammern ausführbar.

Die Ventilationsgrösse ist nach den in c) angegebenen Zahlen für den Kelling'schen Calorifer grösser als für den Heckmann'schen, obwohl die mit letzterem geheizten und ventilirten Räume etwa 3mal kleiner sind als die, welche von dem Kelling-schen Calorifer geheizt werden. Dies rührt nun hauptsächlich von den kleinen Querschnitten der Ausmündungen für die Heizkanäle her, welche, wie oben erwähnt, beziehungsweise 0.16 □m., 0.20 □m. und 0.15 □m. betragen, während die Mündungsquerschnitte in dem Schulhause an der Gabelsbergerstrasse alle etwas grösser als 0.20 □m. sind. Man könnte glauben, dass dieser Unterschied nur von der Willkühr des ausführenden Technikers abhänge. Dies ist jedoch nicht der Fall. Wie wir nämlich schon oben angegeben haben, können bei den Heizungen mit gemeinschaftlicher Heizkammer leicht falsche Strömungen eintreten. Da dies insbesondere bei grossen Querschnitten der Heizkanäle möglich ist, so dürfen bei solchen Anlagen nur kleine Querschnitte für die luftführenden

Kanäle genommen werden, soferne diese Heizung nicht beständigen Störungen ausgesetzt sein soll. Es liegt nun aber auf der Hand, dass man bei der Kelling'schen Heizung mit getrennten Kammern für den gleichen Wärmebedarf den Querschnitt der Heizkanäle grösser, die Temperatur der Heizluft dagegen niedriger und somit zweckentsprechender und die Grösse der Ventilation bedeutender machen kann, als bei dem Heckmann'schen Systeme.

Wir haben damit eine Reihe von Vortheilen nachgewiesen, welche der Kelling'sche Calorifer vor dem Heckmann'schen besitzen kann, wenn dieselben auch bei den zur Zeit bestehenden Anlagen noch nicht in genügendem Maasse benützt sind. Nach dem Voranstehenden dürfen wir aber mit Recht unsere Erfahrungen dahin verallgemeinern, dass diese Vorzüge gerade den Heizanlagen mit für jeden Raum getrennten Heizkammern gegenüber denen mit gemeinschaftlicher Kammer zuzuschreiben sind. Natürlich fallen, wenn nur ein Raum durch den Calorifer zu beheizen ist, diese Vorzüge weg, und es wird dann in dieser Hinsicht die eine wie die andere Construction gleich günstig sich erweisen können.

Den Nutzeffect des Kelling'schen und Heckmann'schen Calorifers haben wir, wie oben unter d) angeführt ist, zu 39% und 41% bestimmt. Wir haben schon bemerkt, dass der für die Kelling'sche Anlage gefundene Werth nicht mit genügender Sicherheit festgestellt ist, um einen Vergleich mit anderen Anlagen zu gestatten; die Zahl für den Heckmann'schen Calorifer wird jedoch eine der sichersten sein, welche überhaupt für den Effect einer Heizanlage bisher gewonnen wurde. Beide Zahlen liefern den Beweis, dass die in dem ersten Abschnitte abgeleiteten Zahlen für das „effective Güteverhältniss" von der Wahrheit nicht sehr viel abweichen können. Wir haben dort als „effectives Güteverhältniss" 32% für die Centralheizungen erhalten. Dieser Werth muss verschieden von dem hier erhaltenen Nutzeffect und zwar kleiner sein, weil nicht die ganze in das Zimmer eingeleitete Wärme wegen der ungleichmässigen Temperaturvertheilung in den Zimmern zur Verwerthung kömmt.

Um nun eine ungefähre Berechnung bezüglich des Unterschiedes der beiden erwähnten Nutzeffecte anstellen zu können, benützen

wir eine Beobachtungsreihe über Temperaturvertheilung, welche am 23. Januar 1870 in den gleichen nach Heckmann's System geheizten Räumen des Polytechnikums gemacht worden war. In den verticalen Mittellinien der drei untersuchten Säle befanden sich 3 Thermometer, an der Decke, in der mittleren Höhe und am Boden, an welchen folgende Ablesungen gewonnen wurden:

Tabelle VIII.

		10.0 h	10.30 h	11.0 h	11.30 h	12.0 h
II Treppen	Decke	14.3	19.1	22.5	23.2	22.9
	Mitte	12.0	13.3	14.2	15.3	23.2
	Boden	12.2	13.4	14.3	14.4	15.4
I Treppe	Decke	12.7	14.5	24.0	26.7	26.9
	Mitte	11.0	11.3	14.8	16.5	17.2
	Boden	9 0	9.5	11.0	12.0	12.6
Parterre	Decke	10.6	11.2	17.0	18.0	18.8
	Mitte	7.5	7.8	9.5	13.0	15.0
	Boden	7.4	7.8	9.5	11.0	11.8

Bei vollkommen gleichmässiger Mischung der Luft hätten die Räume die Temperaturen 16.2°, 15.3° und 13.0° C. gehabt. Die mittleren Temperaturen in 1 m. Höhe ergeben sich dagegen, unter Berücksichtigung der schon oben angeführten Zimmerhöhen, zu 14.0°, 12.5° und 10.0° C., so dass im Mittel nur 81.7% der ganzen in das Zimmer gelieferten Wärme für den unteren Raum, in welchem etwa die anwesenden Personen sich aufhalten können, nutzbar gemacht werden. Nehmen wir die gleiche Wärmevertheilung in den Sälen auch für die Versuchstage am 2. und 13. Februar an, was der Wirklichkeit wohl nicht ferne liegen dürfte, so würde sich darnach der „effective" Nutzeffect der Heckmann'schen Heizung zu 33.5% berechnen, eine Zahl, die mit der im ersten Abschnitte angegebenen in genügender Uebereinstimmung sich befindet.

Aus der zuletzt angestellten Betrachtung heben wir hauptsächlich den Schluss hervor, dass bei der gleichzeitigen Beheizung mehrerer Räume durch einen Calorifer die Anlagen mit getrennten Heizkammern bedeutende Vorzüge vor denen mit gemeinschaftlicher Kammer besitzen.

Histiologische und physiologische Studien.

Von

G. Valentin.

Siebenzehnte Abtheilung.

XXXV. Bemerkungen über Coniin und Nicotin.

Koelliker[1]), der ausgedehnte Untersuchungen über Coniin, Strychnin, Opium, Nicotin, Veratrin, Blausäure und Cyankalium an Fröschen angestellt hat, vorzugsweise um die Wirkungen dieser Gifte mit denen des Curare zu vergleichen, bemerkt[2]) am Anfange seiner Mittheilungen, dass die Folgeerscheinungen der Einverleibung des Coniins denen des Curare am nächsten stehen. Das Nicotin verhält sich nach jenem Forscher zum Theil ähnlich. Beide Gifte unterscheiden sich jedoch von dem Curare dadurch, dass sie eine Entzündung an dem Orte ihrer Einverleibung hervorrufen[3]). Spätere Forscher haben diese bedingte Aehnlichkeit der Wirkungen zu einer Gleichheit ausgedehnt, ohne diese Erweiterung durch neue beweisende Versuche zu stützen, ja ohne selbst eigene Beobachtungen angestellt zu haben.

Das Curare[4]) lieferte mir Muskelcurven, die nicht bloss eine Schliessungszuckung, sondern auch eine mehr oder minder kräftige, in gleicher Stärke anhaltende oder allmälig abnehmende Zusammenziehung während der Dauer des Geschlossenseins der erregenden

---

1) Koelliker in Virchow's Archiv für pathologische Anatomie. Bd. X. Berlin 1856. 8. S. 237—296.

2) Ebendas. S. 237.

3) Ebendas. S. 255.

4) Die Zuckungsgesetze des lebenden Nerven und Muskels. Leipzig und Heidelberg 1863. 8. S. 138.

Kette und eine dem Oeffnen derselben unmittelbar folgende Erschlaffung anzeigten. Diese Eigenthümlichkeit lässt sich als ein neues Prüfungsmittel bei dem Vergleiche mit Curare verwerthen. Das in dieser Hinsicht vorgenommene Studium beider Gifte führte mich noch zur Untersuchung einiger anderer Punkte, die, soviel ich weiss, bis jetzt nicht berücksichtiget worden.

Die ersten Beobachtungsreihen, welche dieser Mittheilung zu Grunde liegen, wurden durch Proben von Coniin und Nicotin gewonnen, die ich schon seit ungefähr sieben Jahren aufbewahrt hatte. Ich wiederholte die Versuche fünf Jahre später mit denselben Präparaten, ohne dass sich ein wesentlicher Unterschied der auf Frösche ausgeübten Wirkungen zeigte. Die Bd. VII, S. 125—153 dieser Zeitschrift für Biologie erwähnten ausgewachsenen Kaninchen forderten die wiederholte Einverleibung derselben Präparate, bis sie zu Grunde gingen.

Die mehr als zwölf Jahre alten Coniin- und Nicotinproben waren noch dünnflüssig, also nicht syrupartig. Das Coniin besass eine hellere und das Nicotin eine etwas dunklere braungelbliche Farbe. Jenes roch immer noch stark, ähnlich wie Mäuseentleerungen. Das Nicotin hatte ebenfalls seinen eigenthümlichen Geruch beibehalten.

Ich habe in neuerer Zeit, mehr als fünfzehn Jahre nach den ersten Prüfungen, die Versuche mit frisch bereiteten Alkaloiden wiederholt. Das Coniin war fast vollkommen farblos bis schwachgelblich. Das Nicotin hatte eine weingelbe Färbung. Beide Flüssigkeiten waren seit ihrer Bereitung vor Licht und Luft sorgfältig bewahrt worden.

Die Beobachtungen, deren Ergebnisse in dieser Abhandlung mitgetheilt werden, wurden vor Allem an Fröschen (Rana esculenta) angestellt, weil diese Thiere die nach der Vergiftung auftretenden Muskelcurven ausnahmslos liefern. Die Kaninchen hingegen geben sie gar nicht oder höchstens unzuverlässig. Zwei Gründe erklären den Unterschied.

Die Säugethiere sterben häufig in Folge der Lähmung des verlängerten Markes und der hierdurch herbeigeführten Erstickung, ehe die Gifte ihre volle Wirksamkeit auf die Muskelmasse und die

in ihnen enthaltenen Bewegungsnerven ausgeübt haben. Das Curare wie wir schon wissen, und das Coniin und das Nicotin geben die charakteristischen Muskelcurven nicht während des Lebens oder unmittelbar nach dem Tode, sondern eine Zeit lang später. Die Eigenthümlichkeit entwickelt sich allmälig, steigt nach und nach zu ihrer grössten Höhe an und sinkt in der Folge wiederum allmälig bis auf Null oder einen ihm nahen Werthe. Die hierzu nöthige Zeit ist aber meist so gross, dass indessen die Todtenstarre alle Reizempfänglichkeit der Säugethiermuskeln vernichtet hat, während die der Frösche in vollem Maasse erhalten bleibt. Man schiebt das Schwinden der Reizbarkeit um mehrere Stunden hinaus, wenn man den Leichnam des Kaninchens in einer Luftwärme von 35° bis 40° C. aufbewahrt. Dieses Verfahren wird entscheiden können, ob der Unterschied zwischen Säugethieren und Fröschen in der Natur der Sache oder nur in dem erwähnten Nebenumstande begründet ist.

1. Coniin.

Das mehr als zwölf Jahre alte Coniin tödtete ein neugeborenes Kaninchen in weniger als zwei Minuten, nachdem man ihm so viel, als an einem Glasstabe hängen blieb, in den vordersten Theil der Mundhöhle gebracht hatte. Das Thier wälzte sich zuerst in grosser Unruhe herum und starb unmittelbar darauf. Der Stimmton und die Starrkrämpfe, die das Nicotin unter denselben Verhältnissen erzeugte, fehlten hier gänzlich. Drückte man eine Vorder- oder eine Hinterzehe eine bis zwei Minuten nach dem Tode mit der Pincette zusammen, so machten sich unter den Reflexwirkungen die Zusammenziehungen des Hautmuskels, vor allem der Unterleibsgegend, vorzugsweise geltend.

Brachte ich ein bis drei Tropfen desselben Coniins unter die Rückenhaut eines Frosches, so wurde das Thier für längere Zeit in hohem Grade unruhig. Eine reichlichere Schleimabsonderung der Haut, so dass sich eine schaumigte Flüssigkeit an dieser und den Glaswänden des Behälters absetzte, folgte nach. Das Thier wurde später ruhiger und der Beginn der Lähmungserscheinungen verrieth sich in der Folge durch die Unvollkommenheit der Bewegungen, wenn selbst noch der Frosch Stellungsänderungen von

selbst vornahm oder sich in Folge von Zehendruck streckte und sogar fortsprang. Die Willkührbewegungen wiederholten sich bisweilen mehrere Male hinter einander oder waren von nachfolgendem Muskelzittern begleitet. Ich vermisste diese Erscheinungen gänzlich oder grösstentheils an abgemagerten Fröschen, die den Winter über aufbewahrt worden.

Die Berührung der Hornhaut kann im Anfange nicht bloss Reflexbewegungen in dem unteren Augenlide und den Augenmuskeln, sondern selbst allgemeine, aber schwache Gegenbewegungen erzeugen, wenn das Thier wie todt daliegt. Sie wird später nicht mehr beantwortet. Streckt man die Hinterbeine aus, so zieht sie der Frosch nicht mehr an. Die Vorderbeine dagegen werden dann noch oft nach Zehendruck gebeugt. Selbst allgemeine Gegenbewegungen können in diesem Falle auftreten. Man darf übrigens hier nicht zu rasch schliessen. Es kommt nicht selten vor, dass eine Reihe von Reflexreizungen unbeantwortet bleibt, und dann plötzlich eine lebhafte Erwiederung ein oder mehrere Male erhalten wird. Mechanische Erregungen erzeugten bisweilen Wirkungen, wenn das Betupfen der Haut mit Essigsäure erfolglos blieb. Scheinen die Willkührbewegungen längst erloschen zu sein, so macht hin und wieder der Frosch noch eine solche, freilich immer eine schwache und mehr oder minder beschränkte ohne äussere Veranlassung.

Die Lymphherzen stehen früher still, als das Blutgefässherz. Dieses schlägt noch mit Vorhöfen und Kammer lebhaft und zwar 15- bis 30 mal in der Minute, wenn selbst die mechanische Reizung der hintern oder der vordern Lymphherzen kein Klopfen derselben mehr zur Folge hat. Die letztere Wirkung fehlt aber nie am Anfange. Die Herzkammer steht eher als die Vorkammern still. Ruhen auch diese, so reicht im Anfange ein mechanischer Reiz hin, eine Reihe von Herzschlägen hervorzurufen. Lange Ruhepausen stellen sich später zwischen einzelnen Gruppen von Herzschlägen ein. Hat endlich die Thätigkeit des Herzens gänzlich aufgehört, so dauert es meist nur kurze Zeit, bis alle mechanischen und elektrischen Reize unwirkbar bleiben.

Der Magen und der Darm beantworten noch den durch eine Pincette ausgeübten Druck mit starken örtlichen Einschnürungen,

die sich aber meist auffallend langsam ausbilden. Wurmbewegungen werden auf den späteren Stufen der Giftwirkungen fast nicht bemerkt.

Die die Athmung begleitenden Kehlbewegungen hören ziemlich frühzeitig auf. Es kann jedoch auch hier vorkommen, dass sich eine oder mehrere derselben, scheinbar ohne äussere Veranlassung, zeigen, nachdem sie schon die längste Zeit vermisst worden. Die Flimmerbewegung der Mundschleimhaut und die Regungen der Spermatozoiden, sei es dass sie schon ohne Weiteres auftreten oder sich erst (auf jüngeren Entwicklungsstufen) nach der Befeuchtung mit Wasser unter den Augen des Beobachters allmälig einfinden, scheinen keine Aenderung irgend einer Art zu erleiden.

Der mechanisch und elektrisch reizlose Nerv giebt noch ausnahmslos einen richtigen Nervenstrom und eine starke negative Schwankung, die zuletzt in eine positive umschlagen kann, in Fröschen und in neugeborenen oder erwachsenen Kaninchen. Der Elektrotonus verstärkt sich sichtlich längere Zeit nach dem Tode.

Die geschilderten Erscheinungen lehren, dass die Aehnlichkeit der Wirkungen des Coniins mit denen des Curare eine sehr bedingte ist[1]). Sie zeigt sich in durchgreifenderer Weise für die Muskelcurven, obgleich auch hier einzelne untergeordnete Verschiedenheiten auftreten.

Die für das Curare charakteristische Erscheinung, dass die Muskelzusammenziehung auch während des Geschlossenseins des galvanischen Kreises fortdauert und mit dem Oeffnen desselben sogleich aufhört, kehrt auch hier wieder. Diese Wirkungsart fehlt ebenfalls während des Lebens und bildet sich erst einige Zeit nach dem Tode in allmäliger Steigung aus. Die eigenthümlichen Erfolge zeigen sich dann schon nach der Reizung des Hüftgeflechtes, stärker dagegen nach der der Muskelmasse.

Wir wollen uns den Gang der Erscheinungen an einem Einzelbeispiele klar machen. Ich hatte z. B. eine kleine Menge des frisch bereiteten Coniins unter die Rückenhaut eines Frosches mit einem Glasstabe gebracht. Der Strom zweier grosser mit Kochsalz- und

1) Vgl. auch in dieser Hinsicht Verigo in Schmidt's Jahrbüchern Bd. 149. Leipzig 1871. 4. S. 16. 17.

Alaunlösung geladener Zink-Kohlenelemente, wie sie für die Läutwerke der Gasthöfe gebraucht werden, erzeugte nur die gewöhnliche starke Schliessungs- und eine viel schwächere Oeffnungszuckung bei aufsteigendem sowohl, als absteigendem Strome, wenn man die Versuche 35 Minuten nach der Einführung des Giftes an dem Hüftgeflechte des todten Thieres anstellte. Die Fortdauer der Zusammenziehung während des Geschlossenseins der Kette verrieth sich schon deutlich 45 Minuten nach der Vergiftung. Der absteigende Strom erzeugte eine raschere Schliessungszuckung, als der aufsteigende, so dass auch der Schreibhebel in jenem ersteren Falle stürmischer emporgeworfen wurde. Die Muskelmasse gab zu dieser Zeit stärkere anhaltende Wirkungen während des ununterbrochenen Stromesdurchganges. Sie wuchsen noch mehr, als man eine mit verdünnter Schwefelsäure geladene Batterie von sechs Zink-Kohlenelementen 52 Minuten nach der Vergiftung anwandte. Eine bedeutendere Asymptose folgte der mit der Oeffnung der Kette beginnenden Erschlaffung.

Wiederholte ich später die Versuche 140 Minuten nach der Einführung des Giftes mit der erwähnten Schwefelsäurebatterie zuerst am Muskel und dann an dem Hüftgeflechte, so lieferte jener eine grössere Hubhöhe, als dieses. Sie fiel aber in beiden Fällen bedeutend geringer als früher aus. Die Dauer der Verkürzung während des Geschlossenseins der Kette, die der Oeffnung unmittelbar folgende Erschlaffung und die Asymptose kehrten noch immer wieder.

Diese Erscheinungen fehlen, wenn die Schliessung und die Oeffnung des galvanischen Kreises rasch auf einander folgen, und ebenso bei den schnell sich abgleichenden Inductionsströmen.

Liess ich den Magnetelektromotor bei weit aus einander geschobenen Rollen 245 Minuten nach der Einverleibung des Giftes auf den Muskel unmittelbar und 5 Minuten später auf das Hüftgeflecht wirken, so zeigte sich ein wesentlicher Unterschied. Die Zusammenziehung hielt in dem ersteren Falle, wenn auch mit abnehmender Stärke, so lange an, als die Wechselströme durchgingen. Man hatte dagegen eine Verkürzung nur in der allerersten Zeit in dem zweiten. Der Muskel erschlaffte hierauf und blieb in

diesem Zustande, wenn auch die elektrischen Schläge das Hüftgeflecht durchsetzten. Der Unterschied verringerte sich, wenn ich die beiden Rollen weiter zusammengeschoben hatte.

Gingen die sehr starken Wechselströme des Magnetelektromotors durch den Wadenmuskel eines anderen Frosches, dem älteres Coniin 345 Minuten vorher unter die Rückenhaut gebracht worden, so zeichnete sich zuerst eine anhaltende Zusammenziehung, später dagegen eine Reihe von Wellenlinien als Ausdruck von Wechselkrämpfen auf. Man erzeugt diese auch bei dem Tetanisiren mittelst des hämmernden Commutators künstlich, wenn die Spitzen der Stellschrauben von den Schlussblättern allzuweit entfernt sind.

Sinkt die Reizempfänglichkeit, so verlangsamt sich auch das Fortschreiten der Zusammenziehung. Der Anfangstheil der durch den Schluss eines Kettenstromes oder das Einbrechen der Schläge des Magnetelektromotors erzeugten Muskelcurve steigt um so weniger steil, um so liegender, schiefer an, je tiefer die Erregungsfähigkeit gesunken ist. Diese nimmt aber um so rascher ab, es werden um so stärkere Ströme zur Erzielung einer Wirkung überhaupt in um so kürzerer Zeit nöthig, je stärker das Coniin wirkt oder in je grösserer Menge es einverleibt worden.

Ich gebe, um die Art und Weise, wie sich diese Versuchsarten gestalten und manche Einzelnheiten, die zu beschreiben zu weitläufig würde, unmittelbar anschaulich zu machen, eine tabellarische Uebersicht einer belehrenden Beobachtungsreihe, die an einem grossen männlichen Frühlingsfrosche mit dem älteren Coniin angestellt worden. *k* bedeutet die Einwirkung des Schlusses eines Kettenstromes und *i* die eines eiuzigen Inductionsschlages; *p* bezeichnet die absteigende und *c* die aufsteigende Stromesrichtung; *n* will sagen, dass der Strom durch das Hüftgeflecht und *m*, dass er durch den Muskel ging. Die Muskelcurven sind unter ungefähr doppelter Vergrösserung aufgeschrieben worden. Die wirklichen stärksten Hubhöhen betragen also nur nahezu die Hälfte von den in der Tabelle verzeichneten Werthen.

Versuchs-nummer	Seit der Einführung des Giftes verflossene Zeit		Beschaffenheit und Richtung des Stromes	Grösste aufgezeichnete Hubhöhe in Millimetern	Nebenbemerkungen
	Stunde	Minute			
1	0	43	k. p. n. = k. c. n.	Null	Sieben kleine mit Salzwasser geladene Zink-Kohlenelemente.
2	0	45	k. p. m.	20.5	Gewöhnlicher Charakter der Muskelcurve. Nur zuletzt geringe Asymptose. Die Zusammenziehung dauert ungefähr eben so lange, als die Erschlaffung.
3	0	47	k. c. m.	20.2	Etwas schwächere Asymptose.
4	0	49	i. c. m.	Schliessungszukkung 3.2. Oeffnungszusammenziehung 10.8	Gewöhnliche Curvenform ohne Asymptose.
5	0	51	i. p. m.	Schliessung 7.3. Oeffnung 21.4	Desgleichen.
6	2	28	i. c. n. = i. p. n.	Spur	
7	2	30	i. c. m.	26.0	Gewöhnliche Curvenform. Schwache Asymptose.
8	2	32	i. p. m.	18.0	
9	2	37	k. c. m.	11.8	Abnahme der grössten Verkürzung bis 4.8 mm., dann aber allmälige Verlängerung des Muskels während und nach dem Geschlossensein der Kette und nachfolgende Asymptose.
10	2	39	k. p. m.	11.3	Zuerst Erschlaffung bis 1.0 mm. und dann nachträgliche Erhebung bis 1.6 mm. Sonst wie 9.
11	5	8	k. p. n.	1.3	Schluss durch die Anschlagsvorrichtung. Dauer des Geschlossenseins $^1/_{27}$ Secunde. Flache Muskelcurve wegen der Langsamkeit der Zusammenziehung und der Erschlaffung.
12	5	9	k. c. n.	1.4	
13	5	13	k. p. m.	1.4	Schluss von freier Hand. In beiden Fällen stets abnehmende Verkürzung während der Dauer des Geschlossenseins u. schwache Asymptose.
14	5	15	k. c. m.	1.7	
15	5	16	k. p. n. = k. c. n.	0	
16	5	17	i. c. m.	12.0	Erste Erschlaffung bis 2.5 mm. und nachträgliche Zusammenziehung bis 3.6 m. Später immer abnehmende Verkürzung u. zuletzt starke Asymptose.

Versuchs-nummer	Seit der Einführung des Giftes verflossene Zeit		Beschaffenheit und Richtung des Stromes	Grösste aufgezeichnete Hubhöhe in Millimetern	Nebenbemerkungen
	Stunde	Minute			
17	5	19	i. p. m.	12.8	Erste Erschlaffung bis 0.8 mm. Nachträgliche Zusammenziehung bis auf 1.9 mm. Starke Asymptose.
18	5	21	k. c. m.	8.8	Erste Erschlaffung bis 3.4 mm. Nachträgliche Zusammenziehung bis 5.0 mm. Hierauf rasche Erschlaffung bis 0.5 mm. und dann starke Asymptose.
19	5	22	k. p. m.	10.5	Aehnlich wie in Nr. 18.
20	5	23	k. c. m.	8.9	Dauer des durch die Anschlagsvorrichtung bewirkten Kettenschlusses $^1/_{27}$ Secunde. Gewöhnliche Curvenform mit nahezu gleicher Dauer von Zusammenziehung und Erschlaffung ohne Asymptose.
21	7	22	k. p. n. = k. c. n.	0	Schluss von freier Hand.
22	7	25	k. p. m.	10.4	Erste Erschlaffung bis auf 1.8 mm. Sehr langsam abnehmende Zusammenziehung während der Dauer des Geschlossenseins der Kette. Rasche Erschlaffung von 1.2 bis 0.3 mm. bei dem Oeffnen. Starke Asymptose.
23	7	27	k. c. m.	8.3	Erste Erschlaffung bis 2.4 mm. Nachträgliche Verkürzung bis 3.9 mm. Plötzliche Erschlaffung bei dem Oeffnen. Mässige Asymptose.
24	7	30	k. c. m.	8.4	} Dauer des Kettenschlusses $^1/_{27}$ Secunde. Gewöhnliche Curvenform mit Spur von Asymptose.
25	7	32	k. p. m.	8.4	
26	7	35	i. c. m.	10.5	Gewöhnliche Curvenform mit schwacher Asymptose.
27	7	37	i. c. m.	11.0	Desgl. mit stärkerer Asymptose.
28	7	39	k. p. m.	8.2	Erste Erschlaffung bis 3.8 mm. Allmälige Längenzunahme während der Dauer des Geschlossenseins der Kette bis auf eine Verkürzung von 0.9 mm. Später ziemlich starke Asymptose.
29	7	42	k. c. m.	8.0	Erschlaffung bis 2.1 mm. Nachträgliche Zusammenziehung bis 2.8 mm. Plötzliche Erschlaffung von 2.6 mm. an bei dem Oeffnen. Mässige Asymptose.
30	30	38	k. c. m. = k. p. m.	0	
31	23	40	i. c. m. = i. p. m.	0	} Drei Inductionsschläge hinter einander. Langsame Erschlaffung und Asymptose.
32	23	42	i. c. m.	5.2	
33	29	21	i. p. m.	Spur.	

Lässt man die Asymptose auf einen sich um seine senkrechte Achse drehenden Cylinder aufzeichnen, so verlängert sich meist der erschlaffte Muskel nur im Anfange so rasch, dass sich gesonderte Linien anschreiben. Dreht sich aber z. B. der Cylinder in 8 Secunden einmal herum, so tritt bald ein Zeitpunkt ein, in welchem der Zwischenraum zwischen zweien auf einander folgenden Linien kleiner als die Spitzendicke des Schreibstiftes ist und daher die schon früher aufgezeichnete Linie mehr oder minder verbreitert wird. Man muss dann die Asymptose in anderer Weise verfolgen. Ich halte das Uhrwerk an und lasse es z. B. fünf, zehn Minuten oder selbst eine Stunde lang in Ruhe. Der sich allmälig verlängernde Muskel zeichnet eine senkrechte Gerade auf. Man giebt dann das Uhrwerk für eine Reihe von Umgängen frei, so dass eine Kreislinie, die unterhalb der letzten früheren liegt, aufgezeichnet wird, und sperrt die Bewegung abermals für eine längere Zeitdauer. Die Wiederholung dieser Versuche macht dann den Hauptcharakter der Asymptose, die mit der Zeit immer mehr abnehmende Verlängerung im Bilde anschaulich. Man sieht zugleich, dass sie um so langsamer vor sich geht, je stärker die frühere Erregung und Zusammenziehung war, also langsamer nach der Einwirkung der Schläge des Magnetelektromotors, als nach der blossen einmaligen Schliessung und Oeffnung eines Kettenstromes, oder je mehr die Reizempfänglichkeit gesunken ist.

Ein Beispiel möge dieses in Zahlen erläutern. Der Cylinder drehte sich siebenmal in der Minute herum. Ein Kreisgang forderte also $8\,^1/_2$ Secunde. Die starken Schläge des Magnetelektromotors durchsetzten den Wadenmuskel $5\,^3/_4$ Stunden nach der Einführung des Coniins unter die Rückenhaut. Die erste rasche Zusammenziehung warf den Schreibstift um $51\,^1/_8$ mm. empor. Man hatte hierauf eine bleibende Zusammenziehung von 44 mm., die jedoch allmälig bis auf 29.4 mm. gesunken war, nach dem die Schläge des Magnetelektromotors $46\,^3/_4$ Secunden durchgegangen. Die dem Oeffnen des Inductionskreises nachfolgende Verlängerung der Muskeln ergab:

Zeit in Minuten:	Verlängerung in Millimetern.	
	Gemessener Werth:	Mittelzahl für je eine Secunde
0.306	19	1.03
5	3	0.01
15	2.1	0.002
55	1.0	0.0003
345	0.8	0.00004
40	0.05	0.00002

Der Muskel war noch beinahe 10 mm. kürzer, wie unmittelbar vor der Zusammenziehung, als ich den Versuch 7 ²/₃ Secunden nach 40 Minuten unterbrach. Ich sorgte dabei dafür, dass die Theile immer feucht blieben. Vernachlässigt man dieses, so führt zuletzt das Eintrocknen den Stift mehr in die Höhe, als ihn die ohne diesen Nebenumstand eintretende Verlängerung gesenkt hätte.

2. Nicotin.

Das frische und das alte Nicotin wirkten in verschiedener Weise auf neugeborene Kaninchen. Hatte man einen oder zwei Tropfen von jenem in die Mundhöhle des Thieres gebracht, so wälzte es sich sogleich unruhig herum. Einige der Kaninchen stiessen, jedoch nur ein einziges Mal, einen Ton aus. Zuckungen und hierauf heftiger Starrkrampf stellten sich bald ein. Die beiden Vorderbeine wurden immer früher tetanisch, als die Hinterbeine, die bisweilen vorher Wechselkrämpfe darboten. Jedes der vier Thiere, die vergiftet worden, starb eine bis zwei Minuten nach der Einverleibung des frischen Nicotins. Ein auf die Zehen ausgeübter Druck erzeugte im Anfange lebhafte Reflexbewegungen, vorzugsweise wiederum in den Bauchwänden und dem dort befindlichen Theile des Hautmuskels. Das alte Nicotin liess die Thiere länger leben. Der Tod trat hier erst nach der doppelten Zeit ein. Die Starrkrämpfe blieben schwächer und oft unvollständiger oder fehlten selbst in den Vorderbeinen gänzlich. Die Reflexverkürzungen der Bauchwände kehrten auch hier wieder.

Das alte Nicotin, das erwachsene Kaninchen erst nach mehrfach wiederholten Gaben tödtete, wirkte auf Frösche so nachdrücklich, dass viel weniger als ein Tropfen hinreichte, die ausgedehnteren Lähmungserscheinungen hervorzurufen.

Streicht man einen Glasstab, an dem eine Schicht von Nicotin haftet, gegen die Rückenmuskeln des Frosches ab, so wird das Thier in Folge der Aetzwirkung unruhig. Das frische Nicotin beunruhigte das Thier weniger, als das ältere und das Coniin. Der Frosch, dessen Haut sich bald mit einer schaumigten weissen Flüssigkeit bedeckt hatte, sprang nur einige Male hin und her und verfiel hierauf sogleich in jene Ruhe, welche den raschen Eintritt der Lähmung anzeigt.

Die einzelnen Erscheinungen wechseln in hohem Grade mit der Verschiedenheit der Frösche, der angewandten Nicotinart und der eingeführten Menge derselben. Manche zeigen Wechselkrämpfe, Zuckungen beschränkter Muskelbündel oder beides zugleich. Starrkrämpfe dagegen fehlen in der Regel. Die von Rosenthal[1]) angegebene Stellung der Hinterbeine, nämlich senkrechte Abziehung der Oberschenkel vom Rumpfe, und Anlagerung der Unterschenkel an diese zeigte sich ebenfalls nur in Einzelfällen. Die Reflexempfänglichkeit sinkt immer rasch und ist schon nach wenigen Minuten bedeutend herabgesetzt oder gänzlich vernichtet, sowie man eine nicht zu kleine Gabe des Giftes gebraucht hat. Man kann oft deutlich sehen, dass sie von dem Kopfe nach den Hinterbeinen zu abnimmt. Trifft man den richtigen Zeitpunkt, so erzeugt die Berührung einer der beiden starr hervortretenden Augäpfel keine Reflexbewegung des Augenlides oder der Muskeln des Augapfels. Die Beine dagegen antworten noch auf Zehendruck und zwar die hinteren länger als die vorderen. Die Empfänglichkeit des Auges oder der Extremitäten der einen Seite geht häufig früher, als die der anderen verloren. Es ereignet sich auch, dass ein auf eine Vorderzehe ausgeübter Druck nur Bewegungen in einem oder beiden Hinterbeinen hervorruft, so dass die Empfindungsfasern des Vorderbeines noch thätig sind, wenn keine Reflexwirkung mehr in den Bewegungsfasern derselben zu Stande kommt. Die willkührlichen Verkürzungen der Muskeln der Vorderbeine können ebenfalls schon lange aufgehört haben, wenn das Thier noch die Hinterbeine zu

1) L. Hermann, Lehrbuch der experimentellen Toxicologie. Berlin 1874. 8. S. 320.

biegen und anzuziehen im Stande ist. Greift die Lähmung noch tiefer ein, so beschränkt sich die willkührliche Thätigkeit auf die Zusammenziehung einzelner Muskeln oder Muskelbündel, die sogleich oder später in fibrilläre wiederholte Zuckungen verfallen.

Man muss übrigens in der Beurtheilung der Erscheinungen vorsichtig sein. Ein Thier, das den Zehendruck nicht mehr beantwortet, kann schwache Bewegungen der Zehen oder Wechselkrämpfe in einzelnen Muskeln oder Muskelbündeln der Hinterbeine in einem günstigen Augenblicke darbieten, wenn man eine Vorderzehe abschneidet, die Bauchhaut trennt oder andere schmerzhafte Verletzungen als Reizmittel gebraucht. Es kam mir sogar ausnahmsweise vor, dass das blosse Klopfen auf den Tisch eine solche Wirkung zur Folge hatte. Ebenso kann noch das Thier eine Willkührbewegung, scheinbar ohne äussere Veranlassung, machen, nachdem es die längste Zeit, wie todt, dagelegen hat.

Die hinteren Lymphherzen stehen wiederum schon seit längerer Zeit still und sind für mechanische Erregungen nicht mehr empfänglich, wenn noch das Blutgefässherz 32 vollständige Schläge und mehr in der Minute macht. Es klopft noch lebhaft, wenn schon das Thier die längste Zeit wie todt dagelegen. Der Kreislauf verliert sich in den Gefässen der Schwimmhaut merklich früher, als der Herzschlag.

Kann man schon das Rückenmark oben oder unten quer durchschneiden, ohne dass eine Verkürzung nachfolgt, so liefert die elektrische Erregung des Hüftgeflechtes noch kräftige Zusammenziehungen in den Hinterbeinen. Die Reizempfänglichkeit sinkt aber auch hier verhältnissmässig rasch, so dass man zu immer stärkeren Kettenströmen und zuletzt zu dem Magnetelektromotor greifen muss, um Erfolge zu erhalten. Versagt das Hüftgeflecht und der Hüftnerv, so erhält man noch Stunden lang Zusammenziehungen des Wadenmuskels, wenn man die elektrischen Ströme durch seine Masse leitet.

Der Hüftnerv, der die stärksten Schläge des Magnetelektromotors seit einigen Stunden nicht mehr beantwortet hat, giebt einen mehr oder minder starken richtigen Nervenstrom, eine oft verhältnissmässig bedeutende negative Schwankung und einen anfangs schwächeren und später stärker werdenden Elektrotonus.

Die Eigenthümlichkeiten der Muskelcurven, welche mit denen des Coniins im Wesentlichen übereinstimmen, entwickeln sich ebenfalls erst nach und nach. Reizt man das Hüftgeflecht vor oder kürzere Zeit nach dem Tode, so erhält man die gewöhnlichen Formen der Schliessungszuckung. Die Fortdauer der Zusammenziehung während des Geschlossenseins der Kette, die rasche Erschlaffung unmittelbar nach dem Oeffnen derselben und die Geneigtheit zu nachfolgender Asymptose treten erst später auf. Sie zeigen sich im Allgemeinen früher nach der unmittelbaren Muskelreizung, als nach der Erregung des Hüftgeflechts.

Arbeitet man zu der Zeit, in welcher die Geneigtheit zu diesen eigenthümlichen Wirkungen eine bedeutende Höhe erreicht, so zeigt sich, dass sie um so mächtiger hervortreten, je stärker die Zusammenziehung ausfällt, also unter dem Einflusse kräftigerer Erregungen oder der Geneigtheit zu nachdrücklicheren Antworten. Sinkt später die Reizbarkeit, so werden die Muskelcurven flacher, weil sich die Muskelmasse langsamer verkürzt.

Untersucht man das noch lebende Thier, so kann man auf zwei Merkmale stossen, welche anzeigen, dass eine erhöhte Reizempfänglichkeit dem Lähmungszustande vorangeht, vorzugsweise wenn die Gabe des Giftes verhältnissmässig klein war oder wenn man älteres Nicotin gebraucht hat. Die Erschlaffungslinie geht dann oft nicht ununterbrochen abwärts. Die Muskelcurve zeigt eine zweite Erhebung oder selbst mehrere Wellen während ihres absteigenden Verlaufes. Solche nicht sehr kräftige Nachzuckungen bilden den Rest der wiederholten örtlichen Zusammenziehungen, die man schon mit dem freien Auge an dem lebenden Thiere oft bemerkt. Diese Art von Muskelverkürzungen kann sowohl nach der Nervenreizung, als nach der unmittelbaren Muskelerregung auftreten.

Die Dauer der verborgenen Reizung ist bisweilen auf dieser Wirkungsstufe des Giftes auffallend abgekürzt. Es kam mir noch ein bis zwei Stunden nach dem Tode vor, dass sie nur $^1/_{30}$ Secunde betrug. Ich hatte sogar Fälle, in denen sie sich bis auf $^1/_{100}$ Secunde bei dem Gebrauche starker auf- oder absteigender Kettenströme oder einfacher Inductionsschläge, die auf das Hüftgeflecht wirkten, verkleinerte.

Wir wollen wiederum eine einzelne Versuchsreihe ausführlich betrachten, um ein anschauliches Bild des Ganges der Erscheinungen zu gewinnen. Die Theile werden zuerst (bis Nr. 44) durch zwei kleine mit verdünnter Schwefelsäure geladene Zink-Kohlenelemente gereizt.

Versuchsnummer	Seit der Einführung des Giftes verflossene Zeit		Beschaffenheit und Richtung des Stromes	Grösste aufgezeichnete Hubhöhe in Millimetern	Nebenbemerkungen
	Stunde	Minute			
34	0	48	k. p. n.	Schliessungszukkung 6.3. Oeffnungszusammenziehung 1.6	Muskelcurven mit gewöhnlichem Charakter. Dauer der Zusammenziehung ungefähr eben so gross als die der Erschlaffung.
35	0	50	k. c. n.	6.5	Desgleichen.
36	0	52	k. c. n.	Schliessung 6.2. Oeffnung 4.0	Desgleichen. Die Verkürzung und die Erschlaffung etwas langsamer als früher.
37	0	54	k. p. m.	7.2	Keine Spur von Oeffnungszuckung. Die Schliessungszusammenziehung giebt zwei Erhebungen, eine von 7.2 und eine zweite von 6.2. Daher auch die erste Hälfte der Muskelcurve in die Länge gezogen ist.
38	0	55	k. c. m.	6.2	Gewöhnliche Muskelcurve.
39	0	58	i. p. m.	8.5	Desgleichen. Nur in der Mitte des Abfalles eine kleine Erhebung.
40	0	59	k. c. m.	6.9	Desgleichen. Schluss durch die Anschlagsvorrichtung, so dass die Dauer des Geschlossenseins der Kette $^{1}/_{27}$ Secunde betrug.
41	1	0	k. p. n.	7.5	Gewöhnliche Curve, nur während des Abfalles eine ziemlich bedeutende Erhebung.
42	1	1	k. c. n.	7.4	Desgleichen, und ebenfalls Erhebung während der Erschlaffung.
43	4	6	k. p. n. = k. c. n.	0	} Die oben erwähnten zwei Elemente. Schluss des Kreises von freier Hand.
44	4	7	k. p. m. = k. c. m.	0	

Versuchsnummer	Seit der Einführung des Giftes verflossene Zeit: Stunde	Minute	Beschaffenheit und Richtung des Stromes	Grösste aufgezeichnete Hubhöhe in Millimetern	Nebenbemerkungen
45	4	15	k. c. m.	2.3	In dieser und den folgenden Versuchen Strom von sieben Elementen und, wo nichts hinzugefügt ist, Schluss von freier Hand durch den Stromwender. Der ersten Erhebung von 2.3 mm. folgte eine langsame nachträgliche bis zu 2.6 mm., die während der ganzen Dauer des Kettenschlusses anhielt. Die Oeffnung erzeugte eine langsame Erschlaffung. Eine schwache Asymptose liess zuletzt die ursprüngliche Länge wieder erreichen.
46	4	19	k. p. m.	3.4	Die erste Erhebung von 3.0 steigt bald auf 3.4. Diese Verkürzungsgrösse erhält sich während der 3.7 Secunden betragenden Dauer des Geschlossenseins der Kette. Die Oeffnung erzeugt eine langsame Erschlaffung mit einer etwas stärkeren Asymptose, als in dem unmittelbar vorhergehenden Versuche.
47	4	21	i. c. m.	0.3 Schluss und 1.4 Oeffnung.	Die Verkürzungs- sowohl, als die Erschlaffungslinie in beiden Curven langgezogen, ähnlich wie die Curven auf den allerletzten Reizbarkeitsstufen.
48	4	23	i. p. m.	0.6 Schluss und 1.8 Oeffnung.	Ausserordentlich lang gezogene Curve, vorzüglich für den Erschlaffungstheil nach der Einwirkung des Oeffnungsstromes.
49	4	25	Wechselströme des Magnetelektromotors	3.5	Schwache Asymptose, nachdem der Magnetelektromotor 3.7 Secunden eingewirkt hatte.
50	6	23	i. c. m.	0.6 Schluss und 2.7 Oeffnung.	Mässig langgezogene Curven.
51	6	25	i. p. m.	1.8 Schluss und 2.8 Oeffnung.	Desgleichen.
52	6	27	Wechselströme des Magnetelektromotors	11.1	Die Erhebung von 9.0 mm., die man am Anfange hat, steigt allmälig nachträglich bis auf 11.1 mm. Sehr starke Asymptose, nachdem der Magnetelektromotor ungefähr 20 Secunden gewirkt hat.
53	6	33	k. c. m.	0	
54	6	34	k. p. m.	1.3	Diese Erhebung erhält sich fast unverändert während der 3.7 Secunden, welche die Kette geschlossen blieb. Langsame Erschlaffung und verhältnissmässig starke Asymptose.
55	6	38	i. p. m. = i. c. m.	0	
56	6	40	Wechselströme des Magnetelektromotors	0	

Die hier dargestellten und andere, der Kürze wegen nicht erwähnten Beobachtungen ergaben:

1) Seit Jahren aufbewahrtes Coniin und Nicotin, von dem erst wiederholte Gaben einer grösseren Zahl von Tropfen ein erwachsenes Kaninchen tödten, wirken immer noch kraftvoll auf Frösche, unter deren Rückenhaut kleine Mengen gebracht worden. Sehr geringe in den Mund eingeführte Quantitäten reichen hin, dass neugeborene Kaninchen nach wenigen Minuten zu Grunde gehen. Diese Thiere sterben aber erst nach der doppelten Zeit oder noch später bei dem Gebrauche von alten, als von frischen reinen Präparaten. Diese tödteten innerhalb einer bis zwei Minuten.

2) Die neugeborenen Kaninchen wurden in allen Fällen sogleich unruhig, so dass sie sich fortwährend herumwälzten. Man hatte im Anfange Wechselkrämpfe und hierauf Starrkrampf. Das frische Nicotin, das am kräftigsten wirkte, erzeugte zuerst die heftigste, tetanische Streckung der beiden Vorder- und erst später der Hinterbeine. Der Starrkrampf in den Vorderfüssen oder jeder nachdrückliche Tetanus blieb aus, wenn man das ältere Coniin gebrauchte. Drückte man die Zehen kurz nach dem Tode zusammen, so zeigten sich Reflexbewegungen, vorzugsweise in der unteren Hälfte der Bauchdecken und besonders in dem dort befindlichen Theile des Hautmuskels.

3) Ein halbes Centigramm reinen frischen Coniins ist mehr als hinreichend, einen Frosch in weniger als zehn Minuten zu tödten. Bedeutend kleinere Gaben von Coniin oder Nicotin genügen, dasselbe Ziel innerhalb einer längeren Zeit zu erreichen. Hatte ich dagegen das ältere Coniin oder Nicotin mit Wasser verdünnt, so erholten sich nicht selten die Frösche bei Giftgaben, die ohne diese Mengung auf das Eingreifendste gewirkt hätten.

4) Die von der starken Alkalescenz herrührende Aetzwirkung erzeugte eine lebhafte Unruhe des Frosches, unmittelbar nachdem das Gift unter die Rückenhaut gebracht worden. Sie hielt meist bei dem Gebrauche des Coniins länger als bei dem des Nicotins an. Die Haut bedeckte sich mit einer mehr oder minder reichlichen Menge einer weissen Absonderung, welche Luftbläschen ihrer

Zähigkeit wegen mechanisch band und deshalb schaumig erschien. Dieses Zeichen fehlte bei Kröten, die man durch äusserst kleine Menge frischen Nicotins, das unter die Rückenhaut gebracht worden, getödtet hatte. Sie sprangen auch nicht wie die Frösche, sondern wackelten hin und her.

Hält man sich an die Zeichen, welche sich unmittelbar darbieten, so scheint die Lähmung sogleich nachzufolgen. Feinere Prüfungen lehren jedoch, dass ihnen eine Stufe erhöhter Reizempfänglichkeit vorangeht. Sie hält bei kleineren Gaben und langsameren Vergiftungen länger, als bei stärkeren Einwirkungen an. Irgend kräftige elektrische Ströme erzeugen dann häufig eine schwächere Oeffnungszuckung ausser der Schliessungszusammenziehung.

5) Man erkennt auch die Erhöhung der Erregbarkeit daran, dass die Dauer der verborgenen Reizung auffallend klein wird, und Nachzuckungen nach Willkührbewegungen (besonders bei dem Nicotin) oder dem Oeffnen der erregenden Kette oder Flimmern einzelner Muskelbündel auftreten. Diese Merkmale können in einem Beine noch vorhanden sein, wenn schon das andere in den Lähmungserscheinungen bedeutend fortgeschritten ist.

6) Der regungslos daliegende Frosch hält häufig die hinteren Extremitäten so angezogen, dass die Oberschenkel dem Unterleibe, die Unterschenkel jenen, die Füsse diesen anliegen und die beiden Fussgelenke sich nahe bei einander befinden. Man sieht die von Rosenthal beschriebene Stellung, die aber Kröten nicht darbieten, vorzugsweise wenn nicht allzugrosse Gaben von Nicotin verabreicht worden. Sucht man dann das eine Hinterbein zu strecken, so fühlt man deutlich den Widerstand, den die kräftig zusammengezogenen Muskeln entgegensetzen. Die Extremität kehrt auch in ihre frühere Stellung, sowie man loslässt, zurück. Sie lässt sich dagegen später, wenn die Lähmungserscheinungen tiefer eingegriffen haben, widerstandslos strecken.

7) Die Reflex- und die Willkührbewegungen verlieren sich um so rascher, eine je grössere Gabe des Coniins oder des Nicotins verabreicht worden. Es lässt sich in Fröschen schwer erkennen, welche dieser beiden Verkürzungsarten früher schwindet, weil häufig

ein Frosch, der die längste Zeit regungslos dagelegen und keine Reizung durch Reflexbewegungen beantwortet hat, Wirkungen der Art liefert, ohne dass man sich den Unterschied durch äussere Nebenumstände erklären kann. Obgleich dieses auch in Kröten vorkommt, so bleiben doch hier oft die Reflexerregungen wirkungslos, wenn das Thier noch sehr ausgiebige Willkührbewegungen machen kann. Die Hinterbeine antworten immer am längsten und es kam in Fröschen vor, dass sich einzelne ihrer Muskeln noch schwach nach Zehendruck verkürzten, wenn später keine Willkührbewegung mehr auftrat. Versagt die Erregung der Hinterzehen, so bleibt oft noch das Durchschneiden der Bauchhaut wirksam. Chemische Reize, selbst das Betupfen der Haut mit Schwefelsäure, zeigen sich bisweilen erfolglos, wenn dieses noch nicht bei mechanischen der Fall war[1]). Es kommt vor, dass ein Frosch, der die längste Zeit regungslos dagelegen und sich zu willkührlichen Verkürzungen der Hinterbeine aufgerafft hat, noch Nachzuckungen in diesen darbietet.

8) Die Empfindungsfasern sterben später, als die Bewegungsfasern ab. Eine auf die Vorderzehen ausgeübter Druck führt daher auch bisweilen zu Reflexbewegungen in den Kehlmuskeln oder am Hinterbeine und nicht in den Vorderbeinen. Ebenso kann die Berührung der Hornhaut die Vorderfüsse, nicht aber das Augenlid oder die Augenmuskeln zu Antworten anregen.

9) Die Lymphherzen stehen verhältnissmässig frühzeitig still. Ist dieses geschehen, so bleiben sie nur noch kurze Zeit für mechanische Reize empfänglich. Das Blutgefässherz klopft dann noch Stunden lang fort, wie schon Koelliker[2]) hervorgehoben. Es schlägt mehr als 30 mal in der Minute, wenn der Frosch die längste Zeit vollkommen wie todt dagelegen und selbst nicht mehr das Hüftgeflecht für elektrische Erregungen empfänglich ist. Steht es still, so kann man noch eine Zeit lang seine Pulsationen durch mechanische Reize hervorrufen. Die Kammer stirbt früher als die

1) Die geringere Empfänglichkeit gegen chemische Reize ist schon von Christison und Koelliker (a. a. O. S. 238, 239) bemerkt worden.

2) Koelliker, a. a. O. S. 257.

Vorhöfe ab. Die kräftigen Einwirkungen, welche das Nicotin auf den Darm der Hunde ausübt[1]), verrathen sich in Fröschen fast gar nicht. Der Magen und der Darm bleiben in ihnen lange für mechanische Reize empfänglich. Die Flimmerbewegung der Mundschleimhaut und die Regungen der Spermatozoiden erleiden keine Störung.

10) Das Hüftgeflecht hört immer weit früher auf, elektrische Reize zu beantworten, als die Muskelmasse selbst; man muss zu stets stärkeren Strömen nach und nach bei beiden fortschreiten und zuletzt zu dem Magnetelektromotor greifen, um Wirkungen überhaupt zu erzielen.

11) Coniin und Nicotin lassen die zuerst nach Curarevergiftungen beobachtete Wirkungsart zum Vorschein kommen, dass der Muskel auch während der Dauer des Geschlossenseins der Kette zusammengezogen bleibt und bei dem Oeffnen plötzlich und mehr oder minder rasch erschlafft. Wir wollen diese Erscheinung mit dem Namen der fortgesetzten Zusammenziehung bezeichnen. Sie zeigt, dass nicht immer die Thätigkeit der bewegenden Nervenfasern und die der Muskelmasse von grossen Abgleichungen des erregenden elektrischen Stromes abhängen.

12) Die fortgesetzte Zusammenziehung fehlt im lebenden Thiere und kurz nach dem Tode gänzlich, man mag das Hüftgeflecht oder den Wadenmuskel selbst elektrisch reizen. Nur ein Fall, der mir bei dem Nicotin begegnete, machte eine Ausnahme hiervon. Die Empfänglichkeit des Rückenmarkes stirbt vor der des Hüftgeflechtes und daher um Vieles früher, als die des Wadenmuskels ab. Es kam mir vor, dass ein Frosch, dessen Rückenmark noch nicht gelähmt, sondern eher in seiner Empfänglichkeit erhöht war, mit einem schwachen elektrischen Strome, der durch das Hüftgeflecht ging, angesprochen, gewöhnliche Muskelcurven mit ungefähr gleicher Dauer der Zusammenziehung und der Erschlaffung nur bei dem Schluss der Kette gab, der Strom mochte ab- oder aufsteigend hindurchgehen. Verstärkte ich dagegen die galvanische Erregung,

---

1) Siehe S. v. Basch und L. Oser in den österreich. med. Jahrbüchern 1872. Extraabdruck S. 1—22 und S. v. Basch in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie Bd. LVIII, 1873. Extraabdr. S. 1—23.

so blieb die Wirkung für den absteigenden Strom unverändert. Der aufsteigende lieferte zunächst eine gewöhnliche Schliessungszuckung. Allein eine neue fortgesetzte Zusammenziehung oder eine Nachzuckung dieses Charakters trat im Augenblicke der Oeffnung des elektrischen Kreises oder einige Zeit später auf. Sie hielt ungefähr 1.6 bis 2.7 Secunden, je nach Verschiedenheit der Verhältnisse, an. Ihre Muskelcurve stieg zuerst steil an, bildete hierauf welligte Biegungen, sank dabei allmälig, doch oft ziemlich steil hinab und kehrte zuletzt rasch zur Abscissenachse zurück. Da um diese Zeit weder die Erregung der Nerven, noch die unmittelbare Muskelreizung eine fortgesetzte Zusammenziehung hervorrief, so darf man annehmen, dass die Ursache derselben in der Beschaffenheit des absterbenden Rückenmarkes lag.

13) Wiederholt man die elektrische Reizung des Hüftgeflechtes einige Zeit, nachdem die in Nr. 12 erläuterte Erscheinung wahrgenommen worden, so geben der auf- und der absteigende Strom, der das Hüftgeflecht durchsetzt, gewöhnliche Schliessungszuckungen von derselben oder einer geringeren grössten Hubhöhe, wie früher. Die den Charakter der fortgesetzten Zusammenziehung verrathende Nachwirkung fehlt jetzt gänzlich, weil wahrscheinlich indessen das Rückenmark abgestorben ist. Lässt man hierauf denselben Strom durch die Muskelmasse gehen, so erhält man eine geringere grösste Hubhöhe, als die Nervenerregung unmittelbar vorher und nachher liefert. Es ereignet sich, dass diese eine Schliessungszuckung, sowohl bei dem auf- als bei dem absteigenden Strome, erzeugt, die unmittelbare Muskelreizung hingegen nur die absteigende Stromesrichtung beantwortet.

14) Giebt jetzt ein schwächerer Strom z. B. von zwei mit Alaun- und Kochsalzlösung versehenen Zink-Kohlenelementen gewöhnliche Muskelcurven, so zeigt sich eine verlängerte Erschlaffung, wenn man zu einem stärkeren z. B. einem solchen von sechs grossen, mit verdünnter Schwefelsäure versehenen Zink-Kohlenelementen übergeht. Man erhält eine erste rasch emporsteigende Erhebung. Ihr folgt eine schnell sinkende Erschlaffungslinie, die auf einer mehr oder minder bedeutenden Entfernung von der Abscissenlinie

bleibt und von da an langsam abfällt, bis sie diese erreicht. Eine grösste aufgezeichnete Hubhöhe von 13 mm. z. B. wurde in 0.22 Secunden erreicht. Die nachfolgende erste Erschlaffung von 9 mm. forderte 0.18 Secunden, die noch übrig bleibenden 4 mm. dagegen 3.92 Secunden.

15) Die Frage, ob die fortgesetzte Zusammenziehung früher nach der Erregung der Nerven oder nach der der Muskelmasse auftritt, lässt sich nur bedingt beantworten, weil hier der Reizbarkeitszustand der Theile, die Stärke und die Abgleichungsgeschwindigkeit des einwirkenden Stromes einen wesentlichen Einfluss ausüben. Trifft man den Zeitpunkt, in welchem die Nervenerregung kräftigere Verkürzungen erzeugt, als die unmittelbare Muskelreizung, so kann es sich bei passender Stromstärke ereignen, dass die Muskelcurven, welche die Thätigkeit des Hüftgeflechtes hervorruft, verlängerte Erschlaffungslinien oder eine fortgesetzte Zusammenziehung anzeigen, während dieses bei der unmittelbaren Muskelreizung, selbst wenn die Unterschiede der Leitungswiderstände in beiden Fällen ausgeglichen worden, nicht der Fall ist. Arbeitet man dagegen zu der Zeit, in welcher die Nervenerregbarkeit merklich sinkt, die Empfänglichkeit der Muskelmasse hingegen gestiegen ist, so giebt die unmittelbare Muskelerregung nicht nur eine bedeutendere grösste Hubhöhe der Schliessungs- und der oft noch vorhandenen Oeffnungszuckung, sondern auch eine weit ausgesprochenere fortgesetzte Zusammenziehung. Diese kann hier vorhanden sein, während sie bei der Nervenerregung durch denselben Strom fehlt, weil dieser für sie zu schwach ist. Stärkere Erregungen führen in allen Fällen leichter zu nachdrücklicheren fortgesetzten Zusammenziehungen.

16) Die erste Spur derselben verräth sich dadurch, dass die Uebergangsstelle der Muskelcurve von Zusammenziehung in Erschlaffung nicht spitz, sondern in die Länge gezogen erscheint. Dieses nimmt bisweilen mit der Wiederholung der Erregungen sichtlich zu.

17) Es kann dann vorkommen, dass sich noch einzelne Nachzuckungen in der Form von Wellenlinien aufzeichnen. Die Thätigkeit des Rückenmarkes begünstigt diese Erscheinung, vorzugsweise

bei dem Gebrauche des aufsteigenden Stromes. Sie bleibt aber auch möglich, wenn man das centrale Nervensystem zerstört und selbst das Hüftgeflecht oder den Hüftnerven durchschnitten hat.

18) Ist diejenige Empfänglichkeitsstufe, welche die fortgesetzte Zusammenziehung nach der Nervenerregung liefert, hinreichend ausgebildet, so besteht die Muskelcurve aus einem rasch emporgegangenen Theile, den das Emporschleudern des Schreibstiftes künstlich vergrössert hat. Ein zweiter, mit ihm spitz verbundener absteigender Theil geht bis zu einer gewissen Entferuung von der Abscissenlinie hinab. Es zeichnet sich dann in diesem Abstande eine gerade oder schwach welligte, gleich hoch bleibende oder schwach sinkende Linie auf, solange die Kette geschlossen bleibt. Oeffnet man diese, so erschlafft der Muskel rascher oder langsamer. Die Curve desselben kehrt meist bald zur Abscissenlinie zurück.

Die unmittelbare Muskelreizung giebt die vollkommensten Bilder, wenn man die Erregung zu passenden Zeiten und mit genügenden Stromstärken vornimmt. Wir wollen einige der befriedigendsten Muskelcurven der Art der Schilderung zum Grunde legen.

Das Ganze fängt wiederum mit der starken, zum Theil künstlichen Erhebung an, die bald darauf bis zu einer gewissen Grösse verkleinert wird. Sie betrug z. B. in einer Kröte und bei dem Gebrauche eines aufsteigenden Stromes von sechs mit verdünnter Schwefelsäure geladenen Zink-Kohlenelementen 21 mm. Die grösste Senkung hielt sich 11 mm. von der Abscissenachse entfernt. Es kam nun hier, wie in vielen anderen Fällen, vor, dass die Grösse der Verkürzung im Anfange der fortgesetzten Zusammenziehung zu- und später erst wiederum allmälig abnahm. Der Cylinder drehte sich in acht Secunden einmal herum. Ich liess die Kette etwas über 80 Secunden geschlossen. Die Ausmessung der Muskelcurve ergab dann:

Zeit in Secunden:	Aufgezeichnete Hubhöhe in Millimetern:
0	11.0
8	15.5
16	15.0
24	13.0
32	11.3

Zeit in Secunden:	Aufgezeichnete Hubhöhe in Millimetern:
40	9.8
48	9.0
56	8.6
64	8.2
72	7.9
80	7.6

Die darauf vorgenommene Oeffnung des Kreises lieferte eine Oeffnungszuckung von 3.2 mm., deren Zusammenziehung und Erschlaffung langsamer als in der Schliessungszuckung verlief. Eine starke, lange anhaltende Asymptose schloss sich an sie an.

Ich habe fortgesetzte Zusammenziehungen der Art von mehr als 30 Umgängen in 8 Secunden aufzeichnen lassen. Die Dauer des Geschlossenseins der Kette und der gleichzeitig stattfindenden Muskelverkürzung überschritt also 4 Minuten. Ich erhielt dabei oft genug zuletzt eine Oeffnungszuckung zum Beweise, dass man es mit wahren durch den elektrischen Strom unterhaltenen Zusammenziehungen und nicht etwa mit einer blossen Asymptose zu thun hatte. Sind die Kräfte des Muskels bedeutend gesunken, gingen schon mehrere ähnliche Versuche voran, so fehlt jene Oeffnungszuckung. Die fortgesetzte Zusammenziehung nimmt um so langsamer ab, je längere Zeit der Strom durchtritt. Der für mehr als 30 Umgänge von je 8 Secunden auftretende Unterschied fällt meist so klein aus, dass sich die aufgezeichneten Linien berühren, weil ihre gegenseitige Entfernung kleiner als die Dicke der Spitze des Schreibstiftes ist. Es kommt in seltenen Fällen vor, dass die Oeffnungszuckung eine stärkere Verkürzung des Muskels zurücklässt, als während der fortgesetzten Zusammenziehung vorhanden war. Nachdrückliche und sehr lange anhaltende Asymptosen treten natürlich immer nach dem Oeffnen der Kette auf.

19) Ein einziger Inductionsschlag kann natürlich keine fortgesetzte Zusammenziehung zur Folge haben. Dieses wiederholt sich in der Regel, wenn man eine Kette nur z. B. für $^1/_{27}$ Secunde durch die Anschlagsvorrichtung geschlossen hält. Man kann dagegen die Schläge des Magnetelektromotors eine Reihe von Minuten lang durch den Muskel leiten, ohne dass die Zusammenziehung aufhört. Sie

nimmt oft im Anfange zu und dann mit immer verkleinerter Geschwindigkeit ab. Oeffnet man den Kreis, so folgt sogleich eine Erschlaffung nach. Die spätere Asymptose kann mit solcher Stärke auftreten, dass der Muskel seine frühere Länge noch nicht nach einer Stunde wieder gewonnen hat. Wurde er nicht vor dem Vertrocknen sorgfältig geschützt, so verkürzt er sich zuletzt durch seinen Wasserverlust um einen grösseren Werth, als ihn die Asymptose verlängert.

20) Das Hüftgeflecht und der Hüftnerv, welche die stärksten Schläge des Magnetelektromotors nicht mehr beantworten, zeigen im Anfange eine bedeutende negative Schwankung des richtigen Nervenstromes, wenn man selbst mit schwachen Schlägen tetanisirt. Die zuerst richtigen elektrotonischen Ausschläge vergrössern sich im Laufe der seit dem Tode verflossenen Zeitdauer.

Ueber den Kohlensäuregehalt der Grundluft.

Von

P. Smolensky.

Literatur. Abhandlungen über diesen Gegenstand liegen vor:

1) von Max v. Pettenkofer in der Zeitschrift für Biologie. Bd. VII, IX und XII.
2) von H. Fleck in den Jahresberichten der chemischen Centralstelle für öffentliche Gesundheitspflege in Dresden. Herausgegeben von Prof. Dr. H. Fleck.
3) von J. v. Fodor in der Vierteljahresschrift für öffentliche Gesundheitspflege. Bd. VII. 1875.
4) von Lewis und Cuningham. Besprechung von Dr. Frdr. Renk. Ibidem Bd. VIII. 1876.
5) von Nichols. Besprechung von Dr. Frdr. Renk. Ibidem.

Wie bekannt, war v. Pettenkofer der Erste, welcher die hygienische Bedeutung des Bodens gewürdigt und aus bestimmten wissenschaftlichen Zielen regelmässige Untersuchungen des Kohlensäuregehaltes der Grundluft unternommen hat. Die von ihm erzielten Resultate sind wesentlich folgende: Die Grundluft ist reicher an Kohlensäure als die atmosphärische und zwar um so reicher, je tiefer die Bodenschichte, aus welcher die Luftprobe entnommen ist. An einer und derselben Stelle wechselt der Kohlensäuregehalt der Grundluft nach der Jahreszeit. Im Sommer ist der Kohlensäuregehalt grösser als im Winter. Diese Erscheinungen erklärt v. Pettenkofer mit der Annahme, wie folgt: Für die Kohlensäure von Grundluft und Grundwasser dienen die im Boden befindlichen Substanzen als Quelle, indem die Vorgänge des organischen Zerfalls mit der Bildung von freier Kohlensäure verbunden sind, an welcher sich vielleicht auch der Respirationsprocess niederer

Organismen betheiligt. Alle Umstände, welche diese Processe befördern, können auch den Kohlensäuregehalt der Bodenluft vermehren. Da zu diesen Umständen auch unter Anderem die Wärme gehört, so findet man in der That, wie v. Pettenkofer gefunden hat, dass zur Zeit der höchsten Bodentemperatur die Grundluft am reichsten an Kohlensäure ist. Einen ähnlichen Einfluss auf den Kohlensäuregehalt der Grundluft hat auch innerhalb gewisser Grenzen die Feuchtigkeit des Bodens. Auch ist die Grösse des Kohlensäuregehaltes der Bodenluft abhängig von Diffusion und Ventilation des Bodens, und da diese in seinen oberen Schichten grösser als in den tieferen ist, so findet man in der Luft der letzteren mehr Kohlensäure als in den oberen Bodenschichten. Untersuchungen, welche innerhalb desselben Tages an einer und derselben Stelle angestellt waren, haben gewöhnlich keine nennenswerthen Differenzen gezeigt. Dagegen hat man während eines Windes manchmal eine Abnahme des Kohlensäuregehaltes bemerkt.

Nach v. Pettenkofer's Vorgang hat Fleck regelmässige Untersuchungen der Grundluft aufgenommen und war im Stande, beinahe alle Angaben v. Pettenkofer's zu bestätigen. Aus vergleichenden Versuchen auf dem linken und rechten Elbeufer glaubt Fleck nachgewiesen zu haben, dass die Menge der Kohlensäure abhängig ist von der Bodenart, indem die Permeabilität des Bodens die Intensität der Verwesungsprocesse bedingt. Aus Sauerstoffbestimmungen liess sich constatiren, dass derselbe mit der Zunahme des Kohlensäuregehaltes in beiden Localitäten vermindert ist. Auch hat die Menge der atmosphärischen Niederschläge einen grossen Einfluss auf den Kohlensäuregehalt der Grundluft, indem die Kohlensäure nach reichlichen Niederschlägen abnimmt, und umgekehrt, bei Trockenheit zunimmt. Fleck erklärt diesen Befund damit, dass die atmosphärischen Niederschläge, während sie den Boden durchdringen, beträchtliche Mengen von Kohlensäure absorbiren. Endlich macht Fleck noch folgende Schlüsse aus seinen Untersuchungen über die Kohlensäure der Grundluft: „Nicht allein der Grad einer Verunreinigung einer Bodenart mit organischem Material und die Durchlässigkeit der letzteren für die Atmosphärilien, bedingt durch mechanische Druckverhältnisse, Korngrösse und den Wassergehalt des

Bodens, sondern auch die Temperaturschwankungen und Temperaturdifferenzen der äusseren und der davon abhängigen Bodenatmosphären influiren auf den Kohlensäuregehalt der Grundluft. — Dadurch gestalten sich aber die Verhältnisse äusserst complicirt und machen den hygienischen Werth der Kohlensäurebestimmungen in der Grundluft immer illusorischer; ein wesentlicher Grund für das erfolgte Aufgeben dieser Untersuchungen in hiesiger Versuchsstation."

v. Fodor, der seine Untersuchungen über den uns interessirenden Gegenstand in Klausenburg angestellt, hat die Grundluft auf vier Stationen untersucht und dabei manche interessante Resultate erhalten. Abgesehen von einer Bestätigung der Angaben v. Pettenkofer's und Fleck's theilte er noch Folgendes mit: Der Boden von den vier Versuchsstationen, welche jederzeit ungleiche Kohlensäuremengen gezeigt haben, wurde untersucht, um zu entscheiden, in wie weit eine Proportionalität des Kohlensäuregehaltes mit der Grösse der Verunreinigung gegeben sei. Zu diesem Behufe „wurden anstossend(?) an die angegebenen Untersuchungsstationen vier bis 2 m. tiefe Gruben gegraben und so der Boden blossgelegt". Es ergaben die Untersuchungen der Bodenproben, dass man sich aus dem Kohlensäuregehalte der Grundluft noch keine richtige Vorstellung von dem Grade der Verunreinigung des Bodens mit organischen Substanzen machen kann. Auf Grund dieser Beobachtung meint v. Fodor, dass der Kohlensäuregehalt weniger von der Grösse der Verunreinigung als von der Durchlässigkeit abhängt, und kommt zu dem gewagten Schlusse, „dass ein Boden mit kohlensäurereicher Bodenluft ein hygienisch ungefährlicherer, besserer ist, als jener, dessen Luft an Kohlensäure arm ist", und zwar weil die erste Bodenart weniger permeabel ist, also eine kleinere Menge von schädlichen Gasen aushauchen kann. — Bemerkenswerth ist ein überaus hoher Kohlensäuregehalt, den v. Fodor in der Grundluft gefunden hat, namentlich 143.02 pro Mille in einer Tiefe von 4 m. Aus seiner Tabelle geht hervor, dass einigemal die Grundluft in der Tiefe von 1 m. mehr Kohlensäure enthielt als in der Tiefe von 2 m. Dieselbe Erscheinung wurde auch in München beobachtet. Die übrigen

Ergebnisse der von Fodor angestellten Versuche kann man aus folgenden von seinen Schlussfolgerungen wahrnehmen:

4) Die Menge der Kohlensäure in der Bodenluft steht nicht im Verhältnisse zu der Menge der im Boden befindlichen organischen Stoffe, also mit dessen Verunreinigung.

5) Die Menge der Kohlensäure in der Bodenluft wird in erster Reihe durch die Permeabilität des Bodens bedingt.

6) Die Menge der Kohlensäure in der Bodenluft mag caeteris paribus als Criterium der Permeabilität des Bodens gelten.

8) Die Menge der Kohlensäure vermag auch in grösserer Tiefe (4 m.) und binnen kurzer Zeit (während eines Tages, ja selbst während einiger Stunden) bedeutende Schwankungen zu zeigen.

9) Die Schwankung der Menge der Kohlensäure in so kurzen Zeitperioden ist von der nach auf- und abwärts gerichteten Bewegung der Bodenluft bedingt. Diese Bewegungen waren während des Sommers am lebhaftesten.

10) Von wahrnehmbarem Einflusse auf die Bewegung der Bodenluft sind: die Schwankung des Luftdruckes, die Winde, deren Richtung, der Regen; wahrscheinlich jedoch keiner dieser Factoren in solchem Maasse, dass dies in Betreff der Richtung der Bodenluftströmung nach auf- oder abwärts von entschiedenem Einfluss sein könnte.

Die Untersuchungen von Lewis und Cuningham und jene von Nichols bestätigen grösstentheils die Beobachtungen v. Pettenkofer's und Anderer.

Gegenüber den mitgetheilten Widersprüchen in der Frage, ob die Verunreinigung des Bodens in ihrem Kohlensäuregehalte zum Ausdruck kommt, veranlasste mich Herr Professor Dr. v. Pettenkofer zur Untersuchung des Kohlensäuregehaltes an verschiedenen Stellen eines Bodens von der gleichen geognostischen Beschaffenheit, jedoch von wesentlich verschiedenem Grade der Verunreinigung. Es wurden für diese meine Versuche die Grundluft aus Leichenäckern und aus einem durch Abortgruben imprägnirten Boden in Aussicht genommen. Um die Unterschiede, welche ich an frischen und alten Gräbern zu finden gedachte, in richtiger Weise würdigen zu können, erschien es geboten, zunächst darzuthun, ob nicht an

und für sich ein Boden von scheinbar der gleichen geognostischen Beschaffenheit und Verunreinigung grosse Unterschiede in seinem Kohlensäuregehalte der Grundluft zeigt; ich entnahm daher gleichzeitig Luftproben aus einem muthmasslich gleichmässig imprägnirten Boden, indem schmiedeiserne Gasröhren, die an ihrem Ende eine Stahlspitze und seitliche Oeffnungen hatten, in geringer Entfernung von einander in den Boden getrieben wurden. Die ersten 24 Untersuchungen in dieser Richtung habe ich am 16., 17., 18. und 19. Mai gemacht und als Ort der Beobachtung den Hof des physiologischen Institutes gewählt, in welchem sich auch die Versuchsstation zur Grundluftbeobachtung des hygienischen Laboratoriums befindet. An acht Stellen dieses Hofes wurden in den Boden Gasröhren von ca. 2 m. Länge getrieben, die Mündung derselben mit einem Gummischlauch versehen und so die Verbindung mit einer Barytröhre hergestellt. Der Kohlensäuregehalt wurde nach v. Pettenkofer's Methode bestimmt. Es ergaben diese Versuche manchmal einen so auffallend niederen, mit dem Befunde an der Grundluftstation so sehr differirenden Kohlensäuregehalt, dass ich anfänglich eine Undichtigkeit als Ursache vermuthen musste. Controlversuche nahmen mir jeden Zweifel, dass die Beobachtungsweise eine correcte und zuverlässige war. Wie während der ersten Versuche war auch während der controlirenden Beobachtungen einigemal Regenwetter, Wind u. s. w. Es bedarf keiner besonderen Erwähnung, dass die Apparate vor Witterungseinflüssen geschützt waren. Jedesmal vor und nach dem Versuche wurde der Apparat mit grosser Sorgfalt auf die Dichtigkeit der Verbindungsstücke geprüft, und vor Beginn des Versuches die Luft aus der Röhre so lange ausgesaugt, bis ich annehmen konnte, dass nur Grundluft in derselben enthalten war. Die Temperatur wurde neben dem Aspirator gemessen und zwar zu der Zeit, wann zu Ende des Versuches die letzten Tropfen aus dem Aspirator ausliefen.

Diese Ablesung der Lufttemperatur im Aspirator verlangt bei Versuchen im Freien einige Uebung, weil mitunter ein Windstoss, der gerade zur Zeit der Temperaturaufnahme kommt, im Stande ist, den Stand des Thermometers selbst um 1—2° rasch zu ändern. Es ist für alle Fälle der Untersuchung im Freien nothwendig, dass

man den Apparat nicht aus dem Auge lässt, weil die plötzlichen Temperaturschwankungen, wie sie z. B. durch eintretenden Sonnenschein oder Wind entstehen, sehr fatale Zufälle für die Beobachtungen bedingen können.

In folgender Tabelle sind nur die Resultate der Controlversuchsreihe gegeben, indem ich die ersten 24 Beobachtungen noch in die Zahl der zu meiner Uebung gemachten Kohlensäurebestimmungen einrechnen will.

Datum	Bezeichnung der Stelle, an welcher die Luftprobe entnommen war	Versuchsreihe	Beobachtungen 1.	2.	3.	Mittel	Unterschied zwischen Maximum u. Minimum
28.	Versuchstation des hygienischen Institutes 4 m. tief	1	6.922‰	6.757‰	6.737‰	6.805‰	0.185‰
	Versuchstation des hygienischen Institutes 1½ „ „	2	5.306	5.302	5.196	5.268	0.110
29.	Im Wege neben der Grasanlage	3	4.913	4.539	4.739	4.730	0.374
30.	Im Grase zwischen Bäumen	4	5.242	5.526	5.243	5.337	0.284
Mai	Neben 6 im Grase	5	1.284	1.731	1.710	1.575	0.447
1877	In der Umgebung einer offenen Kehrichtgrube, deren Wände gut cementirt sind	6	0.918	0.903	0.902	0.908	0.016
		7	2.010	2.297	2.261	2.189	0.287
		8	2.698	2.899	2.864	2.817	0.201
	Im Wege zwischen einer Grasanlage und dem Institutsgebäude (Abtheilung des Respirationsapparats).	9	3.221	5.275	5.814	4.770	2.593
		10	5.493	5.878	5.696	5.689	0.385

Wie oben bemerkt, waren die Röhren in einer Tiefe von ca. 2 m. in den Boden getrieben. Die Distanz zwischen den einzelnen Versuchsstellen schwankt zwischen 1—8 m. Nachdem diese Versuchsreihe beendigt war, wurden die Röhren aus dem Boden herausgezogen und geprüft, ob sie durch das Eintreiben keine Risse bekommen hatten, welche Controle sich dadurch bewerkstelligen liess, dass die Röhren an einem Ende verstopft mit der Gasleitung in Verbindung gebracht wurden. Diese Vorsicht wurde wie die oben mitgetheilten Maassnahmen für alle Versuche durchgeführt.

Bevor ich zur Besprechung der in dieser Tabelle angeführten Zahlen übergehe, will ich noch folgende Zusammenstellung von Versuchen anführen, welche ich an dem nämlichen Orte, in der Nähe der mitgetheilten Beobachtungsstellen gemacht habe. Es beziehen

sich dieselben auf die Umgebung der Abortgrube, welche von der erwähnten Kehrichtgrube etwa 4 m. entfernt ist.

Datum	Bezeichnung der Stelle, an welcher die Luftprobe entnommen war	Versuchs-reihe	Beobachtungen			Mittel	Unterschied zwischen Maximum u. Minimum
			1.	2.	3.		
4. und 5. Juni	Die Röhren 11, 12, 13 befanden sich an drei Seiten um die Senkgrube in einer Entfernung von der letzteren von ca. 1 m. und von einander von ca. 3 m.	11	1.000‰	0.634‰	0.600‰	0.745‰	0.400‰
		12	2.128	1.125	1.800	1.684	1.003
		13	0.741	0.600	0.700	0.680	0.141

Nach den Erfahrungen an der Grundluftstation des hygienischen Institutes ist der Kohlensäuregehalt in der Jahreszeit, aus welcher meine Versuche datiren, stets im Wachsen. Ich glaube daher keinen Fehlschluss zu machen, wenn ich annehme, dass zur Zeit ersterwähnter Versuchsreihe, am 28., 29. und 30. Mai, der Kohlensäuregehalt im Boden dicht bei der Abortgrube zum mindesten nicht grösser war als während des 4. und 5. Juni. Es mag daher zulässig erscheinen, dass ich beide Versuchsreihen vergleiche, obwohl sie nicht aus der gleichen Zeit sind. Es fällt auf, dass der Kohlensäuregehalt an diesen verschiedenen Punkten überaus differirt, wenngleich der Boden nach äusserem Aussehen dieselbe Beschaffenheit besass und die Versuchsstellen ziemlich nahe beisammen gelegen waren. Den kleinsten Kohlensäuregehalt habe ich in der Versuchsreihe 12 bekommen: 0.600; den grössten in der Versuchsreihe 9: 5.878, und zwar an zwei Stellen, welche nur ca. 15 m. von einander entfernt waren. Hier erwies sich also auf einem eng begrenzten Terrain schon ein Unterschied im Kohlensäuregehalte der Grundluft, der sich fast wie 1 : 10 verhält. Besonders unerwartet kam es, dass gerade in der Umgebung der Abtrittgrube sich ein so kleiner Kohlensäuregehalt ergab, wie er an der Grundluftstation in dieser Jahreszeit noch nie beobachtet worden war. In den an einem und demselben Orte angestellten Versuchen wurde nie der gleiche Kohlensäuregehalt gefunden, obwohl die drei Beobachtungen an einem oder doch innerhalb zwei aufeinanderfolgenden Tagen gemacht worden sind. Die in der Tabelle zusammengestellten Dif-

ferenzen zwischen Maximum und Minimum des Kohlensäuregehaltes sind auch unter sich sehr ungleich; so beträgt in Versuchsreihe 6 dieselbe 0.016‰, während in Nr. 9 sie 2.593 ist.

Eine Differenz von 0.016 wird noch in den Bereich der sogenannten erlaubten Versuchsfehler fallen. Dagegen hat man Ursache zur Erklärung der Differenz in der 9. Versuchsreihe von 2.593, welche durch lege artis gemachte Beobachtung gefunden ist, anzunehmen, dass der Kohlensäuregehalt innerhalb kürzerer Zeiträume an der Beobachtungsstelle geschwankt hat. Hätte ich nur an einer Stelle beobachtet, so würde es mir zur Erklärung einer solchen Erscheinung genügt haben, auf Grund der Erfahrung Anderer getrost anzunehmen, dass die Witterungsverhältnisse und die dadurch veränderte Bodenventilation Ursache gewesen seien. Zu gleicher Zeit wurden aber auch von mir auf andern Stellen Versuche gemacht, in welchen solche Schwankungen nicht zu Tage getreten waren. Ich muss daraus vermuthen, dass an einzelnen Stellen locale Bedingungen vorliegen, welche solche Kohlensäureschwankungen hervorrufen.

Nachdem ich also mit dieser unerwarteten Erscheinung bekannt geworden war, dass in einem scheinbar gleichmässig verunreinigten Boden von der nämlichen Structur der Kohlensäuregehalt nahe beisammenliegender Versuchsstellen stark differirt, war es angezeigt, in dieser Richtung eine weitere Versuchsreihe auf anderem Terrain zu machen. Diese wurde auf dem Bauplatze des neuen hygienischen Institutes (Ecke der Heu- und Findlingsstrasse) angestellt, der noch vor kurzem ein Theil der Theresienwiese war. Wie sich aus dem Aussehen des Baugrundes schliessen liess, war dieser Ort, sei es aus landwirthschaftlichen oder Bequemlichkeitsrücksichten, seit einer Reihe von Jahren eine Stätte erheblicher Verunreinigung mit Abfällen des menschlichen Haushaltes. Es wurden wie in den früheren Versuchen Gasröhren eingetrieben. Viele Untersuchungen sind mir missglückt, weil mehr Kohlensäure vorhanden war, als ich erwartet hatte. Die Ergebnisse der gelungenen Versuche bietet folgende Tabelle.

Datum	Bezeichnung der Stelle, an welcher die Luftprobe entnommen war	Versuchsreihe	Beobachtungen 1.	2.	Mittel	Unterschied zwischen Maximum u. Minimum
12. Juni	14, 15, 16 sind eingeschlagen in den Ecken eines Dreieckes, dessen Seiten ca. 4 m. lang sind; 17 befindet sich in einer Entfernung von ca. 60 m. von den übrigen Röhren.	14	41.631‰	54.069‰	47.850‰	12.438‰
		15	62.981	62.164	62.572	0.817
		16	39.282	49.482	44.382	10.200
		17	70.421	77.137	73.779	6.716

Der eine der beiden Versuche, welche an jeder Stelle gemacht worden sind, wurde mittelst einer von Dr. Hesse beschriebenen Modificirung des v. Pettenkofer'schen Verfahrens ausgeführt, von dessen Brauchbarkeit ich mich überzeugt habe.

Die Ergebnisse der Untersuchungen, welche ich auf diesem Bauplatz angestellt, bestätigen die Resultate der Untersuchungen im Hofe des physiologischen Institutes. Auch auf dem Bauplatze, der aus dem gleichen Münchener Geröllboden besteht, wie der Boden im physiologischen Institut, habe ich verschiedene Mengen von Kohlensäure in nahe bei einander liegenden Stellen gefunden, obwohl in der Beschaffenheit des Bodens an diesen Stellen kein Unterschied zu bemerken war. Auch haben sich dabei sehr wahrnehmbare Differenzen zwischen den beiden Versuchen an ein und derselben Stelle gezeigt. Freilich waren in diesem Falle die Differenzen grösser als im physiologischen Institute. Einmal hatte ich sogar eine Differenz von 12.438 pro Mille. Es versteht sich, dass ich mich überzeugt habe, ob nicht in der Verschiedenheit der angewandten Versuchsmittel die Ursache gegeben war.

Den 19. und 20. Juni habe ich Kohlensäurebestimmungen auf dem südlichen Friedhofe in München vorgenommen. Wie in den vorigen Versuchen wurden auch in diesem Falle die Röhren in einer Tiefe von ca. 2 m. eingetrieben. Nur hatte ich es auf dem Friedhofe nicht mit Geröllboden, sondern mit Humus zu thun. Folgende Tabelle zeigt den Kohlensäuregehalt der Grundluft neben drei alten Gräbern, welche ungefähr 4 m. sich von einander befinden.

Datum	Bezeichnung der Stelle, an welcher die Luftprobe entnommen wurde	Versuchsreihe	Beobachtungen 1.	2.	3.	Mittel	Unterschied zwischen Maximum u. Minimum
19. und 20. Juni	4. Klasse 11. Reihe Nr. 57	18	46.462‰	45.110‰	47.112‰	46.228‰	2.002‰
	4. Klasse 10. Reihe Nr. 11	19	48.165	54.886	52.441	51.831	6.721
	4. Klasse 9. Reihe Nr. 8	20	44.172	42.071	42.346	42.863	2.101

Die Versuche beziehen sich auf die Gräber 18, 19, 20, neben welchen die Röhren eingeschlagen wurden. Alle diese Gräber sind schon seit mehr oder weniger langer Zeit nicht gebraucht worden. Das Grab des Versuches 18. hat man in den Jahren 1834, 1841, 1848 benützt; das Grab 19 anno 1824, 1852, 1865; das Grab 20 anno 1822, 1842, 1872.

Der soeben mitgetheilte Befund schliesst übrigens das Bedenken in sich, dass, da diese Gräber nicht einsam liegen, die daneben liegenden jüngeren nicht ohne Einfluss auf die Luft im Boden, wo die Röhre eingetrieben war, gewesen sei. Dieser Mangel des Isolirtseins der Gräber klebt auch den weiteren Beobachtungen an, die ich an jüngeren Gräbern angestellt habe, um zu sehen, welchen Unterschied das Alter des Grabes bedingt. Die Resultate der letzteren Beobachtungsreihe bringt die nächste Tabelle, in welcher ich noch einige neue Beobachtungen zusammenstellen will, die um dieselbe Zeit gemacht worden sind.

Datum	Bezeichnung der Stelle, an welcher die Luftprobe entnommen war	Versuchsreihe	Beobachtungen 1.	2.	3.	Mittel	Unterschied zwischen Maximum u. Minimum
22. und 23. Juni	Auf dem Kirchhofe: 21) 4, 11, 54.	21	44.337‰	45.714‰	47.451‰	45.834‰	3.114‰
	22) 4, 1, 2 (begraben im Jahre 1865).	22	37.615	38.055	41.541	39.070	3.926
	23) 3, 12, 3 (begraben im Jahre 1876).	23	46.959	49.434	50.065	48.819	3.106
	Auf dem Bauplatze	24	101.710	105.840	98.342	101.964	7.498
	Im physiolog. Institute.	25	1.644	1.654	1.474	1.591	0.180
	Im Schulhause am Aengerweg, 3 m. tief.	26	21.792	21.462	22.622	21.959	1.160

Wie die letzten zwei Tabellen zeigen, haben die Untersuchungen auf dem Friedhofe bezüglich der Wirkungen des Alters der Gräber auf den Kohlensäuregehalt der sie umgebenden Grundluft negative Resultate ergeben. Dagegen bringen die Versuchsresultate vom Friedhofe und vom Bauplatze des hygienischen Institutes aufs Neue den eklatanten Beleg für die Annahme v. Pettenkofer's, dass die Verunreinigung des Bodens zum Ausdrucke kommt. Wenn auch meine Erfahrungen darthun, dass der Kohlensäuregehalt in ein und demselben scheinbar gleichmässig imprägnirten Boden verschieden sein kann, so sind doch die überaus grossen Kohlensäuremengen vom Kirchhofe und Bauplatze als von notorischen Stätten der Verunreinigung, im Gegensatze zu dem geringen Ergebniss des normalen Bodens im hygienischen Institute, Beweis genug für diese Annahme.

Nur in Bezug auf das Ergebniss der Grundluft in der Umgebung der Abortgrube des physiologischen Institutes bedarf das Resultat noch einer Erörterung.

Nachdem die Abortgrube im Schulhause am Aengerweg so hohen Kohlensäuregehalt ergeben hat, von der man freilich aus Dr. G. Wolffhügel's Untersuchungen vom Jahre 1874 (Zeitschrift für Biologie Bd. XI) weiss, dass sie den Boden stark verunreinige, so müsste es geradezu befremden, dass die Abortgrube im physiologischen Institute zur Kohlensäure-Entwicklung im Boden so wenig beitrage, ja selbst den Kohlensäuregehalt herabzusetzen scheine. Es ist nach den erwähnten Bodenuntersuchungen selten der Fall, dass eine Abortgrube ohne schlimmen Einfluss auf die Reinheit des Bodens bleibt, aber auf der andern Seite haben die Untersuchungen von 6 Abortgruben ergeben, dass doch eine oder die andere dem Boden so gut wie nichts angethan hat. (Die Grube im physiologischen Institute ist vor einem Jahre neu hergerichtet und mit Cement gut ausgekleidet.)

Da unter Anderem auch die gegenwärtigen politischen Umstände (der russisch-türkische Krieg) mich genöthigt haben, viel früher München zu verlassen, als ich beabsichtigt hatte, so musste ich auch meine Versuche früher zum Abschlusse bringen. Obwohl ich deswegen eine endgültige Meinung über einige Erklärungen

Fleck's und v. Fodor's bezüglich des Kohlensäuregehaltes der Grundluft nicht aussprechen kann, so glaube ich doch, dass meine Untersuchungen genügen, um einen Zweifel zu erregen an der grossen Bedeutung, welche Fleck (auf Grund seiner Gräberuntersuchungen) und besonders v. Fodor der Permeabilität der Bodenart geben. Ebensowohl scheinen mir v. Fodor's Bodenuntersuchungen für nicht ausreichend, um zu zeigen, dass da, wo er einen grösseren Kohlensäuregehalt in der Grundluft gefunden hat, der Boden weniger verunreinigt war. Um das zu beweisen, musste er den Boden nicht an „anstossenden", sondern an denselben Stellen, von denen er die Luft bekommen hat, untersuchen. Weiter ist es auch sehr fraglich, ob man, wie v. Fodor meint, von „lebhaftesten" Bewegungen der Grundluft sprechen kann. Wenigstens widersprechen dem meine Untersuchungen; denn wenn die Grundluft sich wirklich so sehr lebhaft bewegen würde, so wäre es unmöglich, an einer Stelle 10 mal mehr Kohlensäure zu bekommen, als an einer anderen, welche nur ca. 15—20 m. von der ersteren entfernt ist.

Diese Arbeit wurde im hygienischen Laboratorium des Herrn Geheimen Rathes, Professor Dr. v. Pettenkofer's ausgeführt, der mich bei derselben mit Rath und That aufs gütigste unterstützte, wofür ich ihm hier meinen besten Dank sage.

Zur Bestimmung der Kohlensäure in der Luft.

Von

Dr. W. Hesse,

kgl. Bezirksarzt in Schwarzenberg (Sachsen).

v. Pettenkofer hat Hygiene und Ventilationstechnik um einen zuverlässigen Maassstab zur Beurtheilung der Luftbeschaffenheit und des Luftwechsels in Wohnräumen bereichert; dieser Maassstab ist, wie bekannt, der Kohlensäuregehalt der Luft.

So leicht und sicher nun letzterer mit der v. Pettenkofer-schen Methode bestimmt werden kann, so selten wird er von der Ventilationstechnik zu Rathe gezogen.

Die Vernachlässigung dieses unentbehrlichen Hülfsmittels hat zum Theil ihren Grund darin, dass v. Pettenkofer's Verfahren einerseits ein ziemlich umfangreiches Instrumentarium erfordert, und anderseits nicht sofort über den Grad des Kohlensäuregehaltes Aufschluss giebt.

Dem Bedürfnisse der Praxis, mittelst eines handlichen, leicht portativen Apparates im Stande zu sein, binnen kürzester Frist den Kohlensäuregehalt einer Luft zu bestimmen, suchte die sogenannte minimetrische Methode abzuhelfen, die sich darauf gründet, dass eine bestimmte Menge eines Kalk- oder Barytwassers von bekannter Stärke mit einem gemessenen Volum Luft in Berührung gebracht, eine Trübung erfährt. Das ursprüngliche Verfahren, zu welchem einige Flaschen von verschiedenem Volum nöthig sind, hat Lunge[1])

1) Zur Frage der Ventilation, mit Beschreibung des minimetrischen Apparates. Zürich 1877.

in sinnreicher Weise dahin vereinfacht, dass er mit einem Gummiballon von bestimmtem Inhalt bekannte Mengen Luft durch Barytwasser hindurch einem kleinen Fläschchen zuführt, und durch Schütteln für eine gehörige Mischung des Flascheninhalts sorgt.

Leider hat nach meinen Prüfungen dieses auf den ersten Blick so einfach scheinende Verfahren gewisse Schattenseiten. Vor Allem ist es schwierig, sich für alle Fälle stets ein und denselben Grad der Trübung einzuprägen, für den Lunge selbst mehrere verschiedene Bezeichnungen angiebt: es soll nämlich als Endreaction einmal eine eben auftretende, dann eine merkliche, ferner eine deutliche Trübung des Barytwassers betrachtet werden, und schliesslich der Moment, wenn ein auf Papier fixirtes, an der Aussenwand der Flasche angebrachtes Bleistiftkreuz dem Auge verschwindet.

Nach meinen Erfahrungen ist jedoch eine deutliche Trübung längst vorhanden, bevor das für den betreffenden Kohlensäuregehalt zu erwartende Volum Luft zugeführt wurde, und das Verschwinden des Bleistiftkreuzes tritt erst ein, nachdem bei Weitem mehr, als zu erwarten war, Luft eingeleitet worden.

Es setzt demnach eine ganz ausserordentliche Uebung voraus, wenn Lunge mit seinem Apparate brauchbare Resultate erzielte. Hierzu kommt, dass beide Verfahren nur schwer genau in der vorgeschriebenen Weise imitirt werden können, indem einerseits die Flaschen, anderseits der Gummiballon von dem verlangten Volum entweder gar nicht, oder nur mit Mühe zu erlangen sind, und dass andere Volumina in jedem einzelnen Falle mit Hülfe der v. Pettenkofer'schen Methode erst durch zahlreiche Controlversuche geprüft werden müssen, selbst wenn man sich aus den von Lunge gegebenen Zahlen die den betreffenden Volumina entsprechenden Kohlensäuremengen construirte.

Nimmt man hierzu den Fall, dass Gläser von gleichem Volum verschiedene Durchmesser besitzen, ferner den Einfluss verschieden grosser und intensiv gefärbter Bleistiftmarken, der Beleuchtung, der individuellen Verschiedenheiten in der Beurtheilung einer Trübung, der verschiedenen Geschwindigkeit der Luftdurchführung durch das Barytwasser, endlich den Umstand, dass bei

einigermassen höheren Kohlensäuregehalten der Luft, und zwar solchen, wie sie in der Praxis durchaus nicht selten zur Beobachtung kommen, von vornherein kein auch nur annäherndes Urtheil über den Grad der Luftverunreinigung erlangt werden kann, so kann kaum ein Zweifel darüber bestehen, dass das minimetrische Verfahren im günstigen Falle nur eine ungefähre Aufklärung zu geben im Stande ist, ob eine Luft gut oder schlecht ist.

Dieser einfache Entscheid ist jedoch in der Praxis nicht genügend, vielmehr ist eine mindestens annähernd genaue Kenntniss über die Grösse des Kohlensäuregehaltes nothwendig, und vermag deshalb nach meiner Ueberzeugung das minimetrische Verfahren die v. Pettenkofer'sche Methode nie zu ersetzen; vielleicht ist diese auch von anderer Seite gewonnene Erkenntniss der Grund, warum sich das minimetrische Verfahren in Deutschland keinen Eingang zu verschaffen vermocht hat. Da übrigens Jedem, der sich auf das minimetrische Verfahren einüben will, zur Controle auch v. Pettenkofer's Methode geläufig sein muss, ist es wohl Niemand zu verdenken, wenn er zu Gunsten einer gut ausgebildeten, zuverlässigen Methode ein unvollkommenes und unsicheres Verfahren aufgiebt.

In dem Bestreben, einen zum Zweck der Kohlensäurebestimmung der Luft leicht transportablen und schnell arbeitenden Apparat herzustellen, verfuhr ich zunächst folgendermassen: Ich gab zu einer bestimmten Menge Barytwasser von bekannter Stärke etwas Rosolsäure und leitete durch dieses Barytwasser vermittelst eines Gummiballons gemessene Quantitäten Luft in der Erwartung, dass sich das Barytwasser mit der in der Luft enthaltenen Kohlensäure sättigen und die Entfärbung der Flüssigkeit diesen Punkt kennzeichnen werde, und dass sich dann aus dem Verbrauch von Luft einfach der Kohlensäuregehalt derselben berechnen lasse. Da sich jedoch hierbei herausstellte, dass viel mehr kohlensäurehaltige Luft, als man der Berechnung nach zu erwarten hatte, dazu gehört, die Entfärbung herbeizuführen, musste dieses Verfahren aufgegeben werden.

Dieser Misserfolg führte mich zurück zu v. Pettenkofer's Methode, und zwar zu einer Prüfung der Fragen:

1) bis zu welchen Luftvolumina man zurückgehen könne, um mit ihnen noch hinreichend genaue Resultate zu erhalten, und
2) ob man sofort an Ort und Stelle, ohne das Absetzen des Bariumcarbonats abzuwarten, in die trübe Flüssigkeit titriren dürfe.

Hierbei zeigte es sich, dass man einerseits überraschend kleine Volumina mit Erfolg der Untersuchung unterziehen kann, und dass anderseits das alsbaldige Titriren in die trübe Flüssigkeit keinen merklichen Fehler involvirt.

Als Ausgangspunkt der Untersuchungen wurde die atmosphärische Luft genommen unter der Annahme, dass, wenn sich hier das von mir eingeschlagene Verfahren bewähre, es für eine kohlensäurereichere Luft um so sicherer genügen werde.

Diese Voraussetzung hat sich vollkommen bestätigt, nachdem kein Zweifel mehr darüber bestand, dass noch die kleinsten von mir in Betracht gezogenen Volumina (bis unter 100 ccm.) atmosphärischer Luft (mit einem Durchschnitts-Kohlensäuregehalt von 0.3 p. M.) Resultate ergeben, die mit den nach Pettenkofer's Methode gewonnenen in Einklang sich befinden.

Indem ich die Technik und Kenntniss der Pettenkofer-schen Methode voraussetze und in dieser Beziehung auf die Arbeiten von Wolffhügel[1]) und Letzterem und Lang[2]), in denen sich dieselbe neuerdings eingehend beschrieben findet, verweise, werde ich im Folgenden wesentlich nur die meinem Verfahren, das ja nur eine modificirte Pettenkofer'sche Methode ist, anhaftenden Abweichungen von Pettenkofer's Methode genauer beschreiben.

Apparate.

1) Eine Anzahl bis zum Rande geaichter Glaskolben zwischen 500 bis 100 ccm. mit kurzem und weitem Halse.

---

1) „Ueber die Prüfung von Ventilationsanlagen". Habilitationsschrift. München 1876.

2) „Ueber Lüftung und Heizung von Eisenbahnwagen". Zeitschrift für Biologie, Bd. XII., pag. 580 ff.

2) Die zum Verschluss derselben nöthigen, knapp schliessenden Gummikappen.
3) Ein etwa 40 cm. langes Glasrohr, oder ein Gummischlauch.
4) Eine Saugpipette zu 10 ccm.
5) Eine in Zehntelcentimeter getheilte Glasbürette zu 30 ccm. mit eingeschliffenem Glashahn und lang (etwa 10 cm.) ausgezogener Spitze.
6) Doppelt durchbohrte auf die Kolben passende Gnmmipfröpfe.
7) Etwas Rosolsäurelösung.
8) Ein Thermometer.

Titrirflüssigkeiten.

Das Barytwasser soll so beschaffen sein, dass annähernd 10 ccm. desselben 30 ccm. Oxalsäurelösung von nachfolgendem Titer entsprechen. Man stellt sich dasselbe am einfachsten aus einem concentrirten Barytwasser her.

Die Oxalsäurelösung ist so bereitet, dass man 0.28636 gr. reinste krystallisirte Oxalsäure in 1 Liter destillirten Wassers löst, oder dass man 100 ccm. der von v. Pettenkofer angegebenen Oxalsäurelösung, von welcher 1 Liter 2.8636 gr. Oxalsäure enthält, mit einer Pipette entnimmt und zu 900 gr. destillirten Wassers giebt. 1 ccm. einer solchen Oxalsäurelösung entspricht 0.1 mgr. Kohlensäure.

Verfahren.

Der Glaskolben wird mit der Luft des zu untersuchenden Raumes durch genügend lange fortgesetztes Ansaugen vermittelst des auf den Boden desselben eingeführten Glasrohres oder Gummischlauches gefüllt; hierauf werden 10 ccm. Barytwasser zugefügt, und wird der Kolben alsbald mit einer Gummikappe geschlossen; nun wird das Barytwasser einige Minuten lang am Bauche des Kolbens herumgespült, dann die Kappe wieder geöffnet, ein Tropfen Rosolsäurelösung zugesetzt, ein auf den Kolben passender doppelt durchbohrter Gummipfropf, durch dessen eines Loch die mit der Oxalsäurelösung gefüllte Bürette, deren Spitze zu diesem Zwecke lang ausgezogen wurde, gesteckt ist, fest aufgesetzt und die ganze trübe Flüssigkeit titrirt: der Moment der zuerst auftretenden voll-

ständigen Entfärbung der Flüssigkeit zeigt den Eintritt der Neutralisation, das Ende der Reaction an.

Das Verfahren gewährt gegenüber den zweifellos vorhandenen Nachtheilen, die aus den kleinen Mengen sowohl der Luft, als des Barytwassers und aus der grossen Verdünnung der Oxalsäure entspringen, den wesentlichen Vortheil, dass man den ganzen dazu nöthigen Apparat, incl. ein Fläschchen Barytwasser und Oxalsäurelösung, bei sich bequem in der Tasche tragen und die ganze Operation der Kohlensäurebestimmung in kürzester Zeit an Ort und Stelle vollenden und wiederholen kann. Das feste Aufsitzen der kurzen Bürette, wodurch der Apparat ein feststehendes Ganze bildet, erleichtert das Mischen der Flüssigkeiten während des Titrirens, und die langausgezogene bis in den Bauch des Kolbens ragende Spitze der Bürette sichert vor etwaigen Oxalsäureverlusten am Halse des Kolbens.

Der Glashahn der Bürette gestattet eine sehr vollkommene Regulirung des Ausflusses aus der Bürette, insbesondere einen beliebig langsamen tropfenweisen Zusatz gegen das Ende der Titrirung.

Beim Umspülen des Barytwassers ist das Ueberspritzen desselben an den Hals des Kolbens wo möglich zu vermeiden, und ist ferner die Vorsicht zu beobachten, dass man während des Titrirens wiederholt die Flüssigkeit mit allen Theilen des Kolbenbauches in Berührung bringt, um sicher zu sein, dass die Mischung auch eine vollständige ist.

Zur Controle, wie in Rücksicht auf Eventualitäten, die die Möglichkeit einer Wiederholung der Procedur erwünscht machen, ist es rathsam, gleichzeitig 2 oder 3 Kolben mit der zu untersuchenden Luft zu füllen.

Die Bestimmung des Titers des Barytwassers geschieht, wie ich mich durch Controlversuche in kohlensäurefreier Luft überzeugt habe, mit hinreichender Genauigkeit in einer kohlensäurearmen (atmosphärischen) Luft und einem kleinen, etwa 50—60 ccm. fassenden Kölbchen unter der Vorsicht, dass man schnell operirt, und die Flüssigkeit nur so viel in dem Kölbchen bewegt, als zur nothwendigen Mischung derselben gehört.

Um eine Uebersicht über die Grenzen zu gewinnen, wie hohe Kohlensäuregehalte man mit den gegebenen Mitteln noch zu erkennen im Stande ist, sei angenommen, dass der Titer = 30 gefunden wurde, d. h. dass 10 ccm. Barytwasser 30 ccm. Oxalsäurelösung entsprechen, und dass das auf 0° C. und 760 mm. Barometerstand reducirte Volum der zur Untersuchung benutzten Kolben 500, 250 und 100 ccm. beträgt. Dann werden 10 ccm. Barytwasser durch 3 mgr. = 1.5 ccm. Kohlensäure neutralisirt, also:

Durch	1000 ccm.	Luft	von	1.5	p.	M.	Kohlensäure
„	500 cm.	„	„	3	„		„
„	250	„	„	6	„		„
„	100	„	„	15	„		„

Es empfiehlt sich daher auch, in einer vermuthlich kohlensäurereichen Luft zuerst kleine Volumina zu prüfen, und vermag man alsdann mit Leichtigkeit zu berechnen, wie grosse Volumina dieser Luft, d. h. wie grosse Kolben man noch in Anwendung ziehen darf, um mit den angegebenen Mitteln noch auszureichen.

Für Fälle höherer Kohlensäuregehalte, beziehungsweise Anwendung grösserer Volumina stehen zwei von mir mit demselben günstigen Erfolg eingeschlagene Wege offen: entweder wendet man anstatt 10 ccm. Barytwasser 20 oder 30 ccm. an, oder man nimmt 10 ccm. Barytwasser von höherem Titer (etwa 100).

Bei dem beschriebenen Verfahren wird, wie bemerkt, im Allgemeinen in die trübe Flüssigkeit titrirt, ohne dass hierdurch die Resultate merklich alterirt werden. Nur bei sehr hohem Kohlensäuregehalte empfiehlt es sich, den Niederschlag sich gehörig absetzen zu lassen, eventuell die Flüssigkeit vor dem Titriren mit einer Quantität kohlensäurefreien, destillirten Wassers zu verdünnen, da die Reaction in der verdünnten Flüssigkeit schärfer auftritt als in concentrirter.

Der Zusatz von solchem destillirten Wasser ist ferner für solche Fälle angezeigt, wo das Barytwasser beim Schwenken sich in einzelnen Tropfen am oberen Theile des Kolbenhalses ansetzt und ein Abspülen desselben wünschenswerth macht. Im Falle, dass man

20 oder 30 ccm. Barytwasser zusetzte, oder dass man mit einer bestimmten Menge destillirten Wassers verdünnte, hat man es in der Hand, nach dem Absetzen des Niederschlages mit einer Pipette einen Theil der klaren Flüssigkeit herauszuheben und diesen gesondert zu titriren. Ist der Kohlensäuregehalt der Luft ein sehr hoher, so darf man auch sogleich mit der von Pettenkofer angegebenen Oxalsäurelösung titriren. Es hat sich dies insbesondere bei Grundluftuntersuchungen praktisch erwiesen, und da sich überhaupt das Verfahren für derartige Untersuchungen vorzüglich eignet, gehe ich noch in Kürze auf die hierbei von mir geübte Technik ein. Der Glaskolben wird an der Stelle geaicht, bis wohin ein gutschliessender doppeltdurchbohrter Gummipfropf eindringt. Durch das eine Loch des letzteren wird eine längere Glasröhre bis auf den Grund des Kolbens geführt, durch das andere eine kürzere, die nur bis zum untern Rand des Pfropfens reicht. Dieser Apparat wird einerseits, und zwar an dem längeren Glasrohr vermittels eines Gummischlauches mit der in den Boden getriebenen Metallröhre in Verbindung gebracht, anderseits an dem kurzen Glasrohr mit einem Gummischlauch zum Ansaugen versehen. Das Saugen geschieht ganz wie beim Rauchen, wobei das Eindringen der Grundluft in die Lunge vermieden wird, falls man es nicht vorzieht, sich zu diesem Zwecke eines Aspirators zu bedienen. Ist man sicher, dass die Flasche mit Grundluft gefüllt ist, so wird erst das lange Glasrohr bis an den untern Rand des Pfropfens heraufgezogen, dann das kürzere entfernt, die Oeffnung sofort mit dem Finger geschlossen, das Barytwasser vermittels einer den Pfropfen durchdringenden Pipette zugesetzt und sofort nach Entfernung der Pipette die Oeffnung mit einem Glasstöpsel verschlossen. Hierauf wird das lange Glasrohr vollends entfernt und die Oeffnung sofort in gleicher Weise verstopft. Nun verfährt man in derselben Weise, wie vorher beschrieben. Wenn man dieselben Kolben einmal bis an den Rand, das andere Mal bis zu der Stelle, bis wohin der Gummipfropf eindringt, aicht, kann man dieselben Gefässe zu Untersuchungen sowohl der atmosphärischen als der Grundluft verwenden, und bedarf man alsdann keiner besonderen Gummistöpsel zum Durchstecken der Bürettenspitze.

Die Berechnung des Kohlensäuregehaltes ist eine sehr einfache: Ist z. B. der Titer = 30 ccm., das reducirte Volum = 250 ccm. und wurden beim Titriren 28 ccm. Oxalsäure verbraucht, so sind 30 — 28 = 2 ccm. Oxalsäure weniger zur Neutralisation des Barytwassers verwendet worden. 2 ccm. Oxalsäurelösung entsprechen 0.2 mgr. Kohlensäure; es befanden sich demnach 0.2 mgr. Kohlensäure in 250 ccm. Luft, folglich in einem Liter 0.8 mgr. = ca. 0.4 ccm.

Es ist selbstverständlich, dass, je kleinere Volumina in Anwendung gebracht werden, die Fehler um so grösser ausfallen müssen, und dass man, je genauere Resultate man erzielen will, um so grössere Kolben zu benutzen hat. Nichtsdestoweniger habe ich mich durch zahlreiche Untersuchungen vergewissert, dass bei Beobachtung der Cautelen, die das Verfahren in erhöhtem Grade erfordert, in reiner atmosphärischer Luft die Fehlergrenze auch bei den kleinsten der Prüfung unterworfenen Volumina (unter 100 ccm.) 0.05 p. M. nicht überschreiten darf, und muss ich dies Verhältniss zugleich als das Maximum der dem Verfahren überhaupt anhaftenden Fehlergrenze bezeichnen; dabei glaube ich besonders hervorheben zu sollen, dass eine grosse Zahl Versuche bei weitem genauere Resultate ergeben haben, die mich hoffen lassen, dass bei grösserer Uebung diese äusserste Fehlergrenze sich noch werde verringern lassen.

Bei grösseren Kohlensäuregehalten, wie sie etwa in unsern Wohnungen, in Auditorien, Schullocalen u. s. w. häufig beobachtet werden, ist die Fehlergrenze eine verhältnissmässig bedeutend engere, wie es ja a priori nicht anders zu erwarten war, da ein etwa beim Stellen des Titers unterlaufener Fehler von um so geringerem Einfluss sein wird, je höher der Kohlensäuregehalt der Luft ist.

Die folgenden ausgewählten Beispiele entsprechen je einer vergleichenden Untersuchung verschiedener Volumina ein und derselben Luft, und zwar enthalten sie die Ergebnisse sämmtlicher zu dem betreffenden Versuch verwandten Volumina. Auch zu den nach v. Pettenkofer's Methode ausgeführten Bestimmungen wurde das oben beschriebene Barytwasser benutzt.

	Verfahren	Reducirte Volumina in ccm.	Kohlensäuregehalt pro Mille
I. Atmosphärische Luft.	von Pettenkofer	4716	0.33
	von mir	432	0.29
	„	390.7	0.28
	„	214.4	0.30
	„	156	0.29
II. Atmosphärische Luft.	von Pettenkofer	4845	0.31
	„	3359	0.29
	von mir	1052	0.30
	„	684.7	0.31
	„	387.7	0.27
	„	221.6	0.27
	„	101.9	0.29
III. Auditoriumluft.	von Pettenkofer	4415	1.2
	von mir	673	1.0
	„	480	1.1
	„	99.8	1.1
	„	74.0	1.0
IV. Schulluft.	von Pettenkofer	3424	1.6
	von mir	468.6	1.6
	„	225	1.5
	„	157	1.5
	„	74.3	1.7
V. Desgleichen.	von Pettenkofer	4927.7	2.8
	von mir	553	2.6

Die Grundluftuntersuchungen wurden nicht von mir persönlich mit v. Pettenkofer's Verfahren controlirt; eine annähernde und hinreichende Uebereinstimmung in den Ergebnissen möglichst gleichzeitig gemachter Untersuchungen anderer Beobachter fand sich jedoch auch hier jederzeit. Da ich die Anwendung meines Verfahrens auf die Grundluft nur beiläufig unternahm, habe ich es verabsäumt, die entsprechenden nach v. Pettenkofer's Verfahren gewonnenen Resultate zu registriren, und muss mich deshalb darauf beschränken, einige nur bei Anwendung verschieden kleiner Volumina von mir beobachteten Ergebnisse, wie sie einer vollständigen Versuchsreihe entsprechen, beizufügen:

	Reducirte Volumina in ccm.	Kohlensäuregehalt pro Mille
VI. Grundluft (Hof des physiologischen Instituts).	440	0.53
	95	0.48
VII. Desgleichen (andere Stelle).	505	2.2
	98.5	2.2
VIII. Grundluft (andere Stelle).	381	5.8
	212.5	6.24
	99	5.8
IX.[1]) Desgleichen (verunreinigter Platz).	508	30.1
	371.5	30.8
	203	33.3

Bei einiger Uebung gelingt es leicht, die ganze Operation der Kohlensäurebestimmung, incl. Berechnung des Kohlensäuregehaltes, mehrerer gleichzeitig entnommener Luftproben innerhalb einer halben Stunde zu vollenden.

Herrn Geheimerath v. Pettenkofer, der mir sein Laboratorium zur Ausführung der nöthigen Experimente zur Verfügung gestellt, und seinem Assistenten, Herrn Docent Dr. Wolffhügel, dem ich die Anregung zu dieser Arbeit verdanke, beiden Herren, die mein Unternehmen in der liebenswürdigsten Weise gefördert, fühle ich mich zu grösstem Danke verpflichtet.

1) Bei Nr. VII und VIII wurde ein Barytwasser von höherem Titer verwendet, und mit der von v. Pettenkofer angegebenen Oxalsäurelösung titrirt.

Ueber die saugende Wirkung des Windes an Rohrmündungen und Rohraufsätzen.

Von

Prof. Dr. A. Wolpert

in Kaiserslautern.

In sehr verschiedener Weise beurtheilt man den Werth der Rauch- und Luftsauger, so genannt zur Unterscheidung von den bei entsprechendem Winde Luft einführenden Rohraufsätzen oder Pressern.

Während Manche durch Anwendung solcher Saugapparate unter allen Umständen vorzügliche Ventilation erreichen wollen, geben Andere eine genügende Wirkung nur unter den günstigsten Umständen zu.

Es lag nahe, bei Einrichtungen für Ventilation von Eisenbahnwagen solche Sauger anzuwenden, da die relative Luftgeschwindigkeit bei der Fahrt den bei Gebäuden oft fehlenden Wind von genügender Stärke ersetzen kann.

Nach Helbig[1]) „scheiterten die bisherigen derartigen Constructionen hauptsächlich an dem Umstande, dass die saugende Kraft der (absolut oder im Verhältniss zur Wagenbewegung relativ) bewegten Luft sehr gering ist“.

Helbig behauptet dieses angeblich auf Grund einer Mittheilung von Wolffhügel: „dass eine Flamme durch einen auf dieselbe geradlinig treffenden Wind von nur 0.023 m. Geschwindigkeit in der Secunde eben so stark abgelenkt werde, wie durch einen seitlich vorbei strömenden, nur saugend wirkenden Wind von 18 m. in der Secunde Geschwindigkeit“.

1) Heusinger's Eisenbahn-Personenwagen als fahrendes Lazareth. Dresden 1876, S. 37.

Die von Wolffhügel selbst gemeinsam mit C. Lang veröffentlichten experimentellen Resultate[1]) in dieser Beziehung sind günstiger, da z. B. die indirecte Wirkung eines Windes von 5.5 m. auf die Ablenkung einer Flamme die gleiche war, wie die directe eines Windes von 0.7 m. Es kommt aber sehr viel darauf an, wie gross der Durchmesser des künstlichen primären Luftstroms und an welcher Stelle die Flamme angebracht war. Die Stärke der secundären Luftströmung wird mit der Entfernung vom primären Luftstrom rasch abnehmen und zwar um so rascher, je kleiner dessen kreisförmiger Querschnitt ist. Es wird dieses in ähnlichem Verhältniss der Fall sein, wie bei der Intensität der Wärmestrahlung von einem erhitzten kleinen oder grossen Körper aus[2]).

Hierzu kommt noch die Verminderung der Geschwindigkeit des künstlichen Luftstroms in Folge seiner Ausbreitung, dann in Folge des Mitreissens äusserer Lufttheilchen und des äusseren Luftwiderstandes.

Ganz andere Saugwirkungen zeigen sich deshalb bei der unmittelbaren Wirkung des Windes auf einen Rohraufsatz. Wie C. Lang und Wolffhügel an der citirten Stelle ebenfalls mittheilen, hat sich in dem Lufstrome eines Orgelblasebalgs bei 10.8 m. pro Secunde Geschwindigkeit unter Beihülfe eines Wolpert-Saugers eine Saugwirkung von 3.84 m. pro Secunde ergeben. Das ist gewiss kein ungünstiges Resultat; allein es schien mir doch zu gering gegenüber denjenigen Wirkungen, die ich mit meinen Saugern neuerer Construction in der praktischen Anwendung bei absoluter und relativer Luftbewegung beobachtet hatte, wobei jedoch schwer zu erkennen war, welcher Antheil des Effects einer Luftpressung zugeschrieben werden musste.

Um den absoluten Nutzeffect solcher Apparate genauer zu ermitteln, habe ich in der Schmiede der Waggonfabrik Ludwigshafen am Rhein gemeinsam mit dem technischen Director dieser Fabrik, Herrn Rudolf Schmidt, Experimente angestellt, welche hier mitgetheilt werden mögen.

---

1) Zeitschrift für Biologie. Bd. XII, Hft. IV.

2) Vgl. Wolpert, Principien der Ventilation und Luftheizung. Braunschweig 1860. § 32.

Versuche am 5. April 1877.

An der Versuchsstelle zeigte das

Barometer 750.5 mm. Quecksilberhöhe,
Thermometer 18° C.,
Hygrometer 60% der Sättigung.

Die Spannung des Wasserdampfes in der Luft bei 18° C. und 60% Sättigung berechnet sich auf 9.216 mm. Quecksilberhöhe.

Unter diesen Umständen ist die dem Druck einer Wassersäule von h mm. Höhe entsprechende Luftgeschwindigkeit

$$c = \sqrt{\frac{2 \cdot 9.81 \cdot 1000 \cdot h\,(1 + 0.003665 \cdot 18)\,760}{0.001293\,(750.5 - 0.3775 \cdot 9.216)}} \text{ Millimeter}$$

$$c = (4056.61 \sqrt{h}) \text{ Millimeter, oder}$$

$$c = (4.057 \sqrt{h}) \text{ Millimeter pro Secunde,}$$

wobei h in Millimeter anzugeben bleibt.

Als Motor zur Erzeugung grosser Windstärken stand ein Centrifugalventilator zur Verfügung, welcher etwa 1500 Umdrehungen in der Minute machen kann.

Der Gebläsestrom kam vertical aufwärts aus einer 10 cm. weiten Rohröffnung 54 cm. über dem Fussboden. Eine Drosselklappe am Fussboden ermöglichte die Verminderung der Stromstärke bei gleicher Entfernung von der Oeffnung. Ausserdem wurde auch bei vollem Strom die geringere Stärke in grösserer Entfernung benutzt.

Um die Geschwindigkeit des Gebläsestroms in den Versuchshöhen direct zu messen, hatte ich mir ein statisches Anemometer eigner Construction[1]) für Messung von Luftgeschwindigkeiten von 1 m. bis 54 m. pro Secunde vorbereitet. Die Anemometerangaben stimmten sehr gut mit den Geschwindigkeiten überein, welche aus den Ablesungen an einem Wassermanometer berechnet wurden. Dieses Manometer war mittels eines Gummischlauchs mit einem in die Windrichtung gehaltenen gebogenen und vorne zugeschärften Eisenrohrs von 3 cm. Durchmesser verbunden.

---

1) Theorie und Beschreibung desselben in der Zeitschrift des bayer. Architekten- und Ingenieurvereins 1876 Hft. 2.

Ein zweites Wassermanometer diente zur Ermittelung der Saugwirkungen des Gebläsewindes. Es war nämlich mit einem möglichst dicht ausgeführten innen und aussen mit Oelfarbe angestrichenen, mit einem Rohransatz versehenen hölzernen Kasten verbunden, an welchem die verschiedenen zu prüfenden Apparate mittels entsprechender Zwischenstücke aufgesteckt wurden. Bei der Schwierigkeit solche Vorrichtungen luftdicht herzustellen, ergaben sich die Saugwirkungen eher zu gering als zu gross.

Die verschiedenen zu prüfenden Mündungsvorrichtungen wurden nicht unmittelbar über der Gebläseöffnung angebracht, sondern in Höhen von $^1/_{10}$ bis 1 m. darüber, weil so die feste Lage derselben besser erreicht werden konnte und dann auch die Dichtigkeit der strömenden Luft gleich jener der Luft des Raumes anzunehmen war, also dieselbe Berechnungsformel sowohl für den Gebläsewind, als auch für die Saugwirkung beibehalten werden konnte.

In Uebereinstimmung mit den Eingangs citirten Angaben wurde zunächst gefunden, dass die saugende Wirkung des sehr starken Gebläsewindes, welcher in geringer Höhe über der Oeffnung einen Manometerstand von 70 mm. Wasserhöhe bewirkte, also daselbst eine Geschwindigkeit von $4.057 \sqrt{70} = 33.957$ oder rund 34 m. pro Secunde hatte, in der freien Umgebung doch nur eine so geringe secundäre Luftströmung veranlasste, dass diese schon in geringer Entfernung vom primären Luftstrom mittels des Anemometers und Manometers kaum überhaupt nachgewiesen, viel weniger gemessen werden konnte.

Auch die Saugwirkungen an einem im Strome befindlichen, mit der Mündung hinter dem Winde liegenden Rohre von 3 cm. Durchmesser waren noch sehr gering.

In verschiedenen Höhen über der Gebläseöffnung ergaben sich die

Stromgeschwindigkeiten:	26.8 m.	23.2 m.	16.0 m.
Saugwirkungen:	8.0 „	5.6 „	3.0 „
Nutzeffecte:	29.8%	24.1%	18.8%.

Da hiernach die procentische Saugwirkung oder der Nutzeffect mit der geringeren Geschwindigkeit bedeutend abnimmt, ist in der That auch bei Rohren mit hinter dem Wind liegenden Oeffnungen

bei mittleren oder gar geringen Windstärken nur sehr wenig Nutzeffect zu erwarten.

Bei diesen Versuchen war der erwähnte hölzerne Kasten zwischen Saugrohr und Manometer eingeschaltet. Ob diese Einrichtung ohne Einfluss auf das Resultat war, musste festgestellt werden. Es ergaben sich aber bei diesen und anderen Saugapparaten dieselben Manometerstände, wenn der Manometerschlauch am Kasten angebracht war, oder mittels möglichst kurzer Rohrstücke an den Saugrohren.

Damit war zugleich die genügende Dichtigkeit des Kastens erwiesen, sowie der Umstand, dass es möglich ist, in einem grösseren Raume mittels der saugenden Wirkung des Windes eine Luftverdünnung zu erhalten.

Welchen Einfluss auf die Luftverdünnung undichter Schluss haben kann, wurde auf folgende Weise untersucht:

Der Kasten hatte an einer Langseite ein kreisförmiges, mittels eines Korkstöpsels schliessbares Loch von 17 mm. Durchmesser. (Querschnittsfläche 227 □mm., mit Rücksicht auf Contraction ungefähr 180 □mm. eigentliche Durchflussöffnung.)

Es wurden einfache Blechrohre am Kasten angesteckt und zwar
von 40 mm. Durchmesser, d. i. 1257 □mm. Querschnitt
und 20 mm. „ „ „ 314 „ „

Nun waren bei einer Stromgeschwindigkeit von 12 m. pro Secunde die dem Manometerstande oder der noch vorhandenen Luftverdünnung im Kasten entsprechenden Saugwirkungen der Reihe nach folgende:

Rohr 40 mm.,	Loch	geschlossen	10.4 m.,	d. i.	86.6 %
„ 40 „	„	offen	8.8 „	„ „	73.3 %
„ 20 „	„	geschlossen	10.4 „	„ „	86.6 %
„ 20 „	„	offen	5.6 „	„ „	46.6 %

Hieraus ist ersichtlich:

1) dass in einem auch nicht absolut dicht geschlossenen Raume eine Luftverdünnung durch die saugende Wirkung des Windes entstehen kann;

2) dass die Saugwirkung an der einfachen Oeffnung des rechtwinkelig der Windrichtung ausgesetzten Rohrs bedeutend ist.

Darnach wäre, wie ich schon früher an anderen Stellen hervorgehoben habe, die einfache horizontale Endigung eines verticalen Rohrs eine sehr gute Saugvorrichtung, wenn der Wind immer horizontal oder mit geringer Schrägung von unten nach oben gerichtet wäre. Die häufig vorkommenden und immer misslichen Windrichtungen von oben nach unten, neben der Unannehmlichkeit des Einregnens, rechtfertigen die Construction anderer Vorrichtungen, selbst wenn diese unter manchen Umständen weniger Nutzeffect bieten.

Auch die beiden für Laternen und Kamine nach meinen Directiven nur von dem Eisenwerk Kaiserslautern ausgeführten, unter dem Namen Wolpert-Sauger bekannt gewordenen Arten von Rohraufsätzen geben weniger Nutzeffect als die einfache Rohrmündung bei günstiger Windrichtung, und namentlich die Apparate meiner älteren Construction, wie sie vermuthlich bei den Versuchen von C. Lang und Wolffhügel zur Anwendung gekommen sind, geben verhältnissmässig wenig Nutzeffect.

Bei den in der folgenden Tabelle zusammengestellten Versuchen waren die Rohraxen immer möglichst rechtwinkelig und gegen den Gebläsewind gerichtet, was bei verticaler Rohrstellung dem horizontalen Winde entspricht. Die Resultate machen keinen Anspruch auf mathematische Genauigkeit; denn das Gebläse, zugleich für mehrere Schmiedefeuer benutzt, wirkte nicht ganz gleichmässig, und auch die Einstellung der Apparate, rechtwinkelig auf die Mitte des Gebläsestroms, mochte nicht immer mit gleicher Genauigkeit geschehen sein. Dessenungeachtet werden diese Resultate zu lehreichen und praktischen Folgerungen berechtigen.

Saugwirkungen mit einfachen Rohröffnungen und Wolpert-Saugern neuer und alter Construction von 20 bis 100 mm. Rohrweite bei verticaler Rohrstellung und horizontalem Winde von 8 bis 31 m. Geschwindigkeit.

Saugapparat und Rohrdurchmesser	Windstärke Meter p. S.				Saugwirkung Meter p. S.				Nutzeffect in Procenten				
									einzeln				im Mittel
Rohröffnung 20 mm.	31	17.6	12	8	22	12.4	10.4	5.6	71	70.4	86.6	70	72
Neuer Sauger 20	31	17.6	12	8	16	9.6	6.8	4.8	51.6	54.5	56.6	60	55.7
Alter Sauger 20	31	17.6	12	8	14.4	6.8	4.8	4	46.4	38.6	40	50	43.7

Saugapparat und Rohrdurchmesser	Windstärke Meter p. S.				Saugwirkung Meter p. S.				Nutzeffect in Procenten				
									einzeln				im Mittel
Rohröffnung 40 mm.	31	18.4	12	8	23.6	12.4	10.4	5.6	76.1	67.4	86.6	70	75
Neuer Sauger 40	31	18.4	12	8	17.6	8.8	6.8	4.8	56.8	47.8	56.6	60	55.3
Alter Sauger 40	31	18.4	12	8	11.2	7.4	4.8	4	36.1	40.2	40	50	40.3
Rohröffnung 60 mm.	31	17.6	12	8	17.6	9.6	8.8	4.8	56.8	54.5	73.3	60	61.1
Neuer Sauger 60	31	17.6	12	8	15.2	8	6.8	4	49	45.4	56.6	50	50.2
Alter Sauger 60	31	17.6	12	8	6.8	4.8	4	3	21.9	27.3	33.3	37.5	30
Rohröffnung 92 mm.	28.3		12		16.8		8.8		59.3		73.3		66.3
Neuer Sauger 100	28.3		12		10.4		6.8		36.7		56.6		46.6
Alter Sauger 100	26.8		12		6.8		4		25.3		33.3		29.3

Andere Zusammenstellung der Nutzeffecte.

Saugapparate von 20 bis 100 mm. Rohrweite	Mittlere Nutzeffecte in Procenten				
	nach obiger Tabelle				im Durchschnitt
Einfache Rohröffnung . .	72	75	61.1	66.3	68.6
Neuer Sauger	55.7	55.3	50.2	46.6	51.9
Alter Sauger	43.7	40.3	30.0	29.3	35.8

Darnach beträgt die Saugwirkung bei horizontalem Wind durchschnittlich:

für das einfache Rohr über $^2/_3$ der Windstärke
„ den neuen Wolpert-Sauger „ $^1/_2$ „ „
„ „ alten „ „ $^1/_3$ „ „

Es fragt sich nun, wie die Sauger bei anderen als horizontalen Windrichtungen wirken.

Um dieses experimentell zu untersuchen, waren verschiedene Vorrichtungen nothwendig, deren Fertigstellung ich nicht abwarten konnte. Ich ersuchte deshalb Herrn Director Schmidt, nach entsprechenden Vorbereitungen die weiteren Versuche anzustellen, und ich verdanke ihm die Angaben für die nachfolgende Tabelle.

Die Versuche wurden am 13. Mai angestellt und zwar nur mit den Saugern von 40 mm. Rohrdurchmesser, was ich nach den vorausgegangenen Versuchen für genügend hielt. Die einfachen

Rohröffnungen konnten ausgeschlossen bleiben, weil deren zweckwidrige Wirkung bei schrägem Oberwind nicht fraglich ist.

Die für Berechnung der Geschwindigkeitsformel nothwendigen Aufzeichnungen waren:

Barometerstand . .	755.5 mm.
Temperatur . . .	17° Cels.
Relative Feuchtigkeit	62 %.

Die Spannung des Wasserdampfs bei 17° Cels. und 62 % Sättigung ist 8.9404 mm.

Die secundliche Luftgeschwindigkeit wird folglich:

$$c = \sqrt{\frac{2 \cdot 9.81 \cdot 1000\,(1 + 0.003665 \cdot 17)\,760}{0.001293\,(755.5 - 0.3775 \cdot 8.9404)}}$$

$$c = (4.036\,\sqrt{h})\ \text{Meter pro Secunde,}$$

wobei h in Millimetern einzuführen ist.

Saugwirkungen mit Wolpert-Saugern von 40 mm. Rohrweite neuer und alter Construction bei verschiedenen Windrichtungen.

Saugapparat	Windrichtung	Windstärke Meter p. S.	Saugwirkung Meter p. S.	Nutzeffect in Procenten: einzeln	Nutzeffect in Procenten: im Mittel	Nutzeffect in Procenten: Mitteldurchschnitt
Neuer Sauger	horizontal	34.8 17.6 12.4	18.4 9.6 6.8	52.8 54.5 54.8	54	51.5 (horizontal bis 60 von unten); 40.7 (alle)
	30° von oben	34.6 17.6 12.4	22.6 12.4 8	65.3 70.4 64.5	66.7	
	60 von oben	33.5 17.6 12.4	22 12.4 8.8	65.6 70.4 70.9	68.9	
	90 von oben	33.5 18 10.4	17.6 10.4 6.8	52.6 57.7 65.3	58.5	
	30 von unten	33.5 16.8 12	14.4 6.8 3	42.9 40.5 25	36.1	
	60 von unten	32.9 16.8 12	4.8 9.6 0	14.6 57.1 0	23.9	
	90 von unten	32.4 16.8 12	−14.8 −4 0	−45.6 −23.8 0	−23.1	
Alter Sauger	horizontal	30.4 15.2	13.2 5.6	43.4 36.8	40.1	34.5 (horizontal bis 60 von unten); 32.5 (alle)
	30° von oben	29.4 14.8	15.2 5.6	51.7 37.8	44.7	
	60 von oben	31 15.2	14.4 5.6	46.4 36.8	41.6	
	90 von oben	31 15.2	4.8 4	15.5 26.3	20.9	
	30 von unten	32.2 14.4	10.4 3	32.3 20.8	26.5	
	60 von unten	33.5 14.8	12.4 4.4	37 29.7	33.3	
	90 von unten	33.5 14.8	6.8 3	20.3 20.3	20.3	

Diese Tabelle lässt Folgendes erkennen:

1) Beide Sauger wirken am besten bei schrägem Oberwind.

2) Der neue Sauger wirkt gar nicht oder sogar in verkehrter Weise, wenn der Unterwind nahezu vertical ist. Dieses ist aber dem Umstande zuzuschreiben, dass bei dem Versuchssauger die horizontale Ringplatte unterhalb des Saugkessels fehlte, der Wind also in abnormer Weise unten eindringen und sich darin stauen musste. In der Anwendung ist nicht nur jene Ringplatte vorhanden, sondern es kommt auch der Wind nicht leicht nahezu vertical von unten nach oben, so dass dieses ungünstige Ergebniss ausser Acht gelassen werden darf.

3) Wenn man die vertical aufwärts gehende Windrichtung ausser Rechnung lässt, ist der durchschnittliche Nutzeffect für alle Windrichtungen, wie auch bei der horizontalen Windrichtung oben gefunden worden ist, für den neuen Sauger über $^1/_2$ der Windstärke, für den alten über $^1/_3$; mit Einrechnung des verticalen Unterwindes war bei dem unvollkommenen neuen Sauger der durchschnittliche Nutzeffect immer noch 40.7%, bei dem alten 32.4%.

Jenes ungünstige Resultat bei fehlender Ringplatte war von mir vorher vermuthet und ist in so fern erwünscht, als es zeigt, wie wichtig es ist, zu verhüten, dass der Wind bei irgend einer Richtung in allzu grosser Menge in den Apparat gelangt.

Nach allen diesen Ergebnissen glaube ich zu der Behauptung berechtigt zu sein, dass, obgleich der Wind ein sehr unbeständiger Motor ist, die Anwendung solcher Rohraufsätze nicht nur zum Schutze gegen ungünstige atmosphärische Einwirkungen, sondern auch zur Verbesserung der Ventilation und des sogenannten Zuges in vielen Fällen zu empfehlen ist.

Die Möglichkeit aber, eine regelmässige Ventilation von bestimmter Grösse mit solchen Apparaten allein zu erreichen, bleibt selbst bei der höchsten denkbaren Verbesserung derselben ausgeschlossen.

Zusammensetzung der Nahrung von vier Bergleuten in der Grube Silberau bei Ems[1].

Von

Eduard Steinheil.

Die Feststellung der Kost geschah während vier Tagen, und zwar am 20., 21., 22. und 25. Juni 1877. Der General-Director des Blei- und Silberwerkes, Herr Freudenberg, gestattete mir mit grosser Freundlichkeit genaue Einsicht in die Küche. Die Gesellschaft lässt darin für diejenigen Bergleute, welche davon Gebrauch machen wollen, die Mahlzeiten bereiten, die gegen mässige Bezahlung[2]) verabreicht werden. Brod und Butter werden dabei nicht geliefert; die Arbeiter versehen sich damit nach Belieben selbst. Es werden in der Küche etwa 100—200 Portionen gekocht. Samstags gehen die Leute vor dem Abendessen nach ihrer mehrere Meilen entfernten Heimat, wo sie den Sonntag über verbleiben.

---

1) Ich habe meinen Freund, Eduard Steinheil, Mitbesitzer der berühmten optisch-mathematischen Werkstätte, welcher vieler Herren Länder bis zum Aequator gesehen hat, darauf aufmerksam gemacht, wie wichtig es wäre, die Kost der in heissen Gegenden lebenden Menschen mit der der Polarbewohner zu vergleichen. Er nahm das lebhafteste Interesse an der Sache, und um für vorkommende Fälle gerüstet zu sein, unternahm er es, die Kost von rüstigen Bergleuten, welche dabei täglich zehn Stunden schwere Arbeit verrichten, zu untersuchen. Ich halte die mit grosser Sorgfalt ermittelten Resultate für wichtig; ich bestimmte daher Herrn Steinheil dieselben, welche nur mit Hülfe einer Waage gewonnen worden sind, zu veröffentlichen. C. Voit.

2) Der Arbeiter bezahlt:

Morgens:	2	Pfennige,
Mittags:	25	„
Nachmittags:	2	„
Abends:	10	„
Schlafgeld:	10	„

Der Kaffee wird ohne Milch und Zucker verabreicht.

Von den vier Arbeitern, welche täglich zehn Stunden schwere Bergmannsarbeit verrichten, ist

1) Bergmann Adam Bach	31 Jahre alt,	und	68.25 Kil.	schwer
2) Aufbereiter Herm. Dub	22 „ „	„	62.30 „	„
3) Taglöhner Jos. Kexel	36 „ „	„	67.50 „	„
4) Aufbereiter Joh. Klein	23 „ „	„	67.50 „	„

Die Leute geniessen ihre tägliche Nahrung auf vier Mal, Früh 8 Uhr, Mittags 12 Uhr, Nachmittags 4 Uhr und Abends 6 Uhr. Sie nahmen dabei die folgenden Nahrungsmittel in Grammen auf.

I. Mittwoch, den 20. Juni.

a) Frühstück:

gebrannter Kaffee	Cichorie	Schwarzbrod (3 Tage alt)	Butter
1) 5.0	1.25	300	20
2) 5.0	1.25	280	26
3) 5.0	1.25	330	20
4) 5.0	1.25	320	30
Mittel: 5.0	1.25	308	24

b) Mittagessen:

Brod	Fleisch rein, ohne Knochen und Fett 1)	Fett am Fleisch	Kartoffeln zu Gemüse	Linsen zur Suppe
1) 92	92.4	10.4	296.0	211.8
2) 100	92.4	10.4	296.0	211.8
3) 70	92.4	10.4	296.0	211.8
4) 120	92.4	10.4	296.0	211.8
Mittel: 96	92.4	10.4	296.0	211.8

1) In 15 Kil. Kuhfleisch für 115 Portionen befanden sich 3 Kil. Knochen, etwa 1.2 Kil. Fettgewebe und 170 gr. Sehnen. Jeder Mann erhielt noch 7.2 gr. Kochsalz. Die Kartoffeln wurden stets geschält gewogen; der Abfall war sehr bedeutend.

c) Nachmittags:

Kaffee	Cichorie	Schwarzbrod (3 Tage alt)	Butter
1) 5.0	0.69	280	18
2) 5.0	0.69	280	20
3) 5.0	0.69	330	20
4) 5 0	0.69	270	24
Mittel: 5.0	0.69	290	21

d) Abendessen:

Kartoffel gedämpft zum Rösten [1])	geräuch. Speck	Rüböl	Kaffee	Cichorie	Schwarz-brod	Butter
1) 490.0	9.34	74	4.67	0.56	170	10
2) 490.0	9.34	74	4.67	0.56	95	10
3) 490.0	9.34	74	4 67	0.56	95	10
4) 490.0	9.34	74	4.67	0.56	135	12
Mittel: 490.0	9.34	74	4.67	0.56	124	11

II. Donnerstag, den 21. Juni.

a) Frühstück:

Kaffee	Cichorie	Schwarzbrod (4 Tage alt)	Butter
1) 5.0	1.3	330	24
2) 5.0	1.3	305	20
3) 5.0	1.3	337	20
4) 5.0	1.3	310	20
Mittel: 5.0	1.3	321	21

1) dazu für einen Mann 5.8 gr. Kochsalz.

b) Mittagessen:

Fleisch rein, ohne Knochen und Fett [1]	Fett am Fleisch	Reis	Schwarzbrod (4 Tage alt)
1) 91.34	9.62	125.0	80
2) 91.34	9.62	125.0	112
3) 91.34	9.62	125.0	90
4) 91.34	9.62	125.0	130
Mittel: 91.34	9.62	125.0	103

c) Nachmittags:

Kaffee	Cichorie	Schwarzbrod (4 Tage alt)	Butter
1) 5.23	0.72	275	15
2) 5.23	0.72	280	20
3) 5.23	0.72	345	20
4) 5.23	0.72	255	25
Mittel: 5.23	0.72	289	20

d) Abendessen:

Kartoffel gedämpft zu Salat [2]	geräuch. Speck	Kaffee	Cichorie	Schwarzbrod (4 Tage alt)	Butter
1) 471.4	26.2	4.76	1.19	115	11
2) 471.4	26.2	4.76	1.19	95	10
3) 471.4	26.2	4.76	1.19	110	5
4) 471.4	26.2	4.76	1.19	150	15
Mittel: 471.4	26.2	4.76	1.19	118	10

1) In 13.125 Kil. Kuhfleisch für 104 Portionen befanden sich 2.625 Kil. Knochen und etwa 1 Kil. Fettgewebe. Jeder Mann erhielt noch 7.21 gr. Kochsalz. Zum Reis kamen Muskatnüsse und Lorbeerblätter.

2) dazu für einen Mann 4.8 gr. Kochsalz und 28.5 ccm. Essig.

III. Freitag, den 22. Juni.

a) Frühstück:

Kaffee	Cichorie	Schwarzbrod (5 Tage alt)	Butter
1) 4.9	1.22	322	18
2) 4.9	1.22	270	10
3) 4.9	1.22	302	13
4) 4.9	1.22	419	12
Mittel: 4.9	1.22	328	13

b) Mittagessen:

weisse Bohnen zu Suppe [1])	Kartoffeln	geräuch. Speck	Schwarzbrod (2 Tage alt)
1) 250.0	179.0	80.0	98
2) 250.0	179.0	80.0	135
3) 250.0	179.0	80.0	60
4) 250.0	179.0	80.0	130
Mittel: 250.0	179.0	80.0	106

c) Nachmittags:

Kaffee	Cichorie	Schwarzbrod (2 Tage alt)	Butter
1) 5.08	0.76	380	12
2) 5.08	0.76	250	25
3) 5.08	0.76	176	14
4) 5.08	0.76	189	10
Mittel: 5.08	0.76	266	15

1) dazu für einen Mann 7 gr. Kochsalz.

d) Abendessen:

Gries zu Suppe [1]	geräuch. Speck	Schwarzbrod (1 Tag alt)
1) 125.0	25.0	80
2) 125.0	25.0	80
3) 125.0	25.0	60
4) 125.0	25.0	50
Mittel: 125.0	25.0	68

IV. Montag, den 25. Juni.

a) Frühstück:

Kaffee	Cichorie	Schwarzbrod (2 Tage alt)	Butter
1) 5.0	1.39	320	20
2) 5.0	1.39	275	30
3) 5.0	1.39	320	35
4) 5.0	1.39	330	20
Mittel: 5.0	1.39	311	26

b) Mittagessen:

Fleisch rein, ohne Knochen und Fett [2]	Fett am Fleisch	Erbsen	Reis	Schwarzbrod (2 Tage alt)
1) 69.8	29.0	168.7	68.8	108
2) 69.8	29.0	168.7	68.8	105
3) 69.8	29.0	168.7	68.8	130
4) 69.8	29.0	168.7	68.8	90
Mittel: 69.8	29.0	168.7	68.8	108

1) dazu für einen Mann 6.25 gr. Kochsalz.

2) In 10.000 Kil. Fleisch für 80 Portionen befanden sich 2.000 Kil. Knochen, etwa 2.320 Kil. Fettgewebe und 95 gr. Sehnen. Jeder Mann erhielt 7.8 gr. Kochsalz. Zu den Erbsen kamen Pfeffer, Lorbeerblätter und Muskatnüsse.

c) Nachmittags:

Kaffee	Cichorie	Schwarzbrod	Butter
1) 4.76	0.74	245	20
2) 4.76	0.74	275	20
3) 4.76	0.74	200	10
4) 4.76	0.74	295	35
Mittel: 4.76	0.74	254	21

d) Abendessen:

Kartoffel in Sauce [1])	geräuch. Speck	Weizenmehl zum Rösten mit Speck	Schwarzbrod
1) 594	31.3	12.5	85
2) 594	31.3	12.5	85
3) 594	31.3	12.5	85
4) 594	31.3	12.5	60
Mittel: 594	31.3	12.5	79

Im Durchschnitt verzehrt demnach ein Arbeiter täglich folgende Mengen von Nahrungsmitteln, für die ich gleich den Gehalt an Eiweiss, Fett und Kohlehydraten berechne:

			Eiweiss	Fett	Kohlehydrate
gebrannter Kaffee .	12.35	=	—	—	—
Cichorie	2.45	=	—	—	—
reines Fleisch . . .	63.39 [2])	=	13.88	0.57	—
Fettgewebe im Fleisch	12.25	=	—	11.71	—
geräucherter Speck .	42.95	=	0.73	40.59	—
Kochsalz	13.07	=	—	—	—
Schwarzbrod . . .	781.69	=	62.54	11.73	384.62
Butter	45.20	=	0.41	41.63	—
Kartoffeln roh . . .	274.00	=	5.48	0.82	59.73
„ gedämpft .	240.30	=	4.81	0.72	52.39
weisse Bohnen . . .	62.50	=	15.31	1.25	34.85
Erbsen	42.19	=	9.50	1.06	24.56
Gries	31.25	=	3.53	—	21.81
Linsen	52.95	=	13.78	1.06	29.15
Weizenmehl . . .	3.12	=	0.37	0.04	2.30
Essig	8.50	=	—	—	—
Reis	31.25	=	2.34	0.09	24.41
Rüböl	1.85	=	—	1.85	—
	Summe	=	132.78	113.12	633.82

1) Für jeden Mann treffen 6 ccm. Essig; dazu 6.25 gr. Kochsalz.

2) mit dem Extract aus 19.06 gr Knochen.

133 gr. Eiweiss, 113 gr. Fett und 634 gr. Kohlehydrate in der täglichen Nahrung eines angestrengt Arbeitenden sind Zahlen, welche mit den von Prof. Voit unter ähnlichen Verhältnissen gefundenen wohl übereinstimmen. Die Kost der Bergleute ist eine gemischte, aber doch vorzüglich vegetabilische. Trotzdem die Leute in der Aufnahme von Kohlehydraten aus Brod und Kartoffeln bis zu dem äussersten Maasse gehen, bei dem sie noch einer tüchtigen Arbeitsleistung fähig sind, so müssen sie doch noch 113 gr. Fett zuführen, um den Fettverlust vom Körper zu verhüten; es wäre nicht möglich, ohne Schaden noch mehr Kohlehydrate in Brod und Kartoffeln zu geniessen und dafür die Fettmenge zu verringern. Der Arbeiter von Pettenkofer und Voit hatte für den Tag bei gemischter Kost mit reichlich animalischen Substanzen 137 gr. Eiweiss, 173 gr. Fett und 352 gr. Kohlehydrate nöthig; ein mittlerer Arbeiter braucht nach Voit mindestens 118 gr. Eiweiss, 56 gr. Fett und 500 gr. Kohlehydrate.

Die Bergleute nehmen eine, was die Menge der Nahrungsstoffe betrifft, vollkommen ausreichende und äusserst billige Nahrung auf. Vielleicht lassen sich aber in der Qualität derselben einige Verbesserungen anbringen.

Im Mittel erhalten die Leute, wenn man von dem sogenannten Fastenessen am Freitag absieht, 126 gr. rohes Fleisch mit 85 gr. reinem Fleisch, 16 gr. Fett und 25 gr. Knochen. Dies ist etwas wenig, besonders da sonst keine animalischen Substanzen geboten werden; Prof. Voit hat für Arbeiter und Soldaten 230 gr. rohes Fleisch mit 191 gr. reinem Fleisch, 21 gr. Fett und 18 gr. Knochen verlangt; ein deutscher Soldat bekömmt nach dem Reglement in der Garnison 150 gr. rohes Fleisch, während der Manöver 250 gr. Es ist unbegreiflich, warum bei der Ernährung der Arbeiter so wenig von dem verhältnissmässig wohlfeilen Käse, z. B. als Zusatz zur Abendkost, Gebrauch gemacht wird.

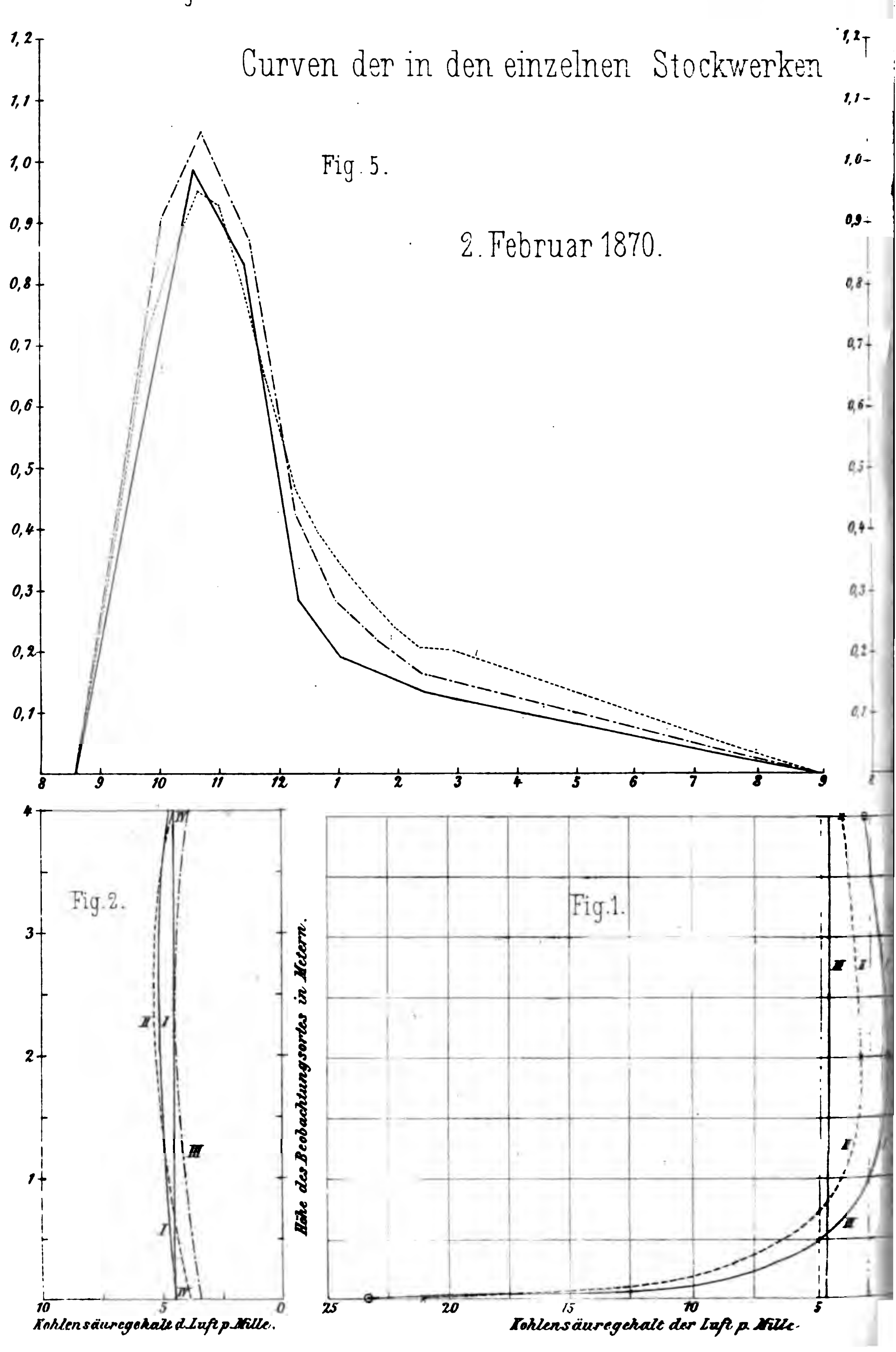
Die Quantität der Kohlehydrate ist durch die übermässige Aufnahme von Brod und Kartoffeln zu gross; diese Nahrungsmittel sind nämlich gerade diejenigen, welche am meisten Koth erzeugen und deren Verwerthung im Darme eine höchst ungünstige ist. Die Bergleute verzehren im Durchschnitt täglich 792 gr. Brod und 508 gr. Kartoffel.

Ein deutscher Soldat erhält täglich 750 gr. Brod; dabei ist aber die Rücksicht maassgebend, dass es kaum möglich ist, im Kriege oder beim Manöver ein für den Transport geeigneteres Nahrungsmittel zu finden. Es frägt sich aber, ob es sich nicht verlohnt, bei Arbeitern die Quantität des Brodes zu verkleinern und dafür das Mehl in einer anderen Form darzureichen, in der es besser im Darmkanale ausgenützt wird. Das Brod wird Früh, Nachmittags und manchmal selbst Abends mit Kaffee genommen, ohne den es aus Gründen, welche Prof. Voit schon entwickelt hat, nur schwer gelingt, so grosse Massen trockenen Brodes zu verschlingen.

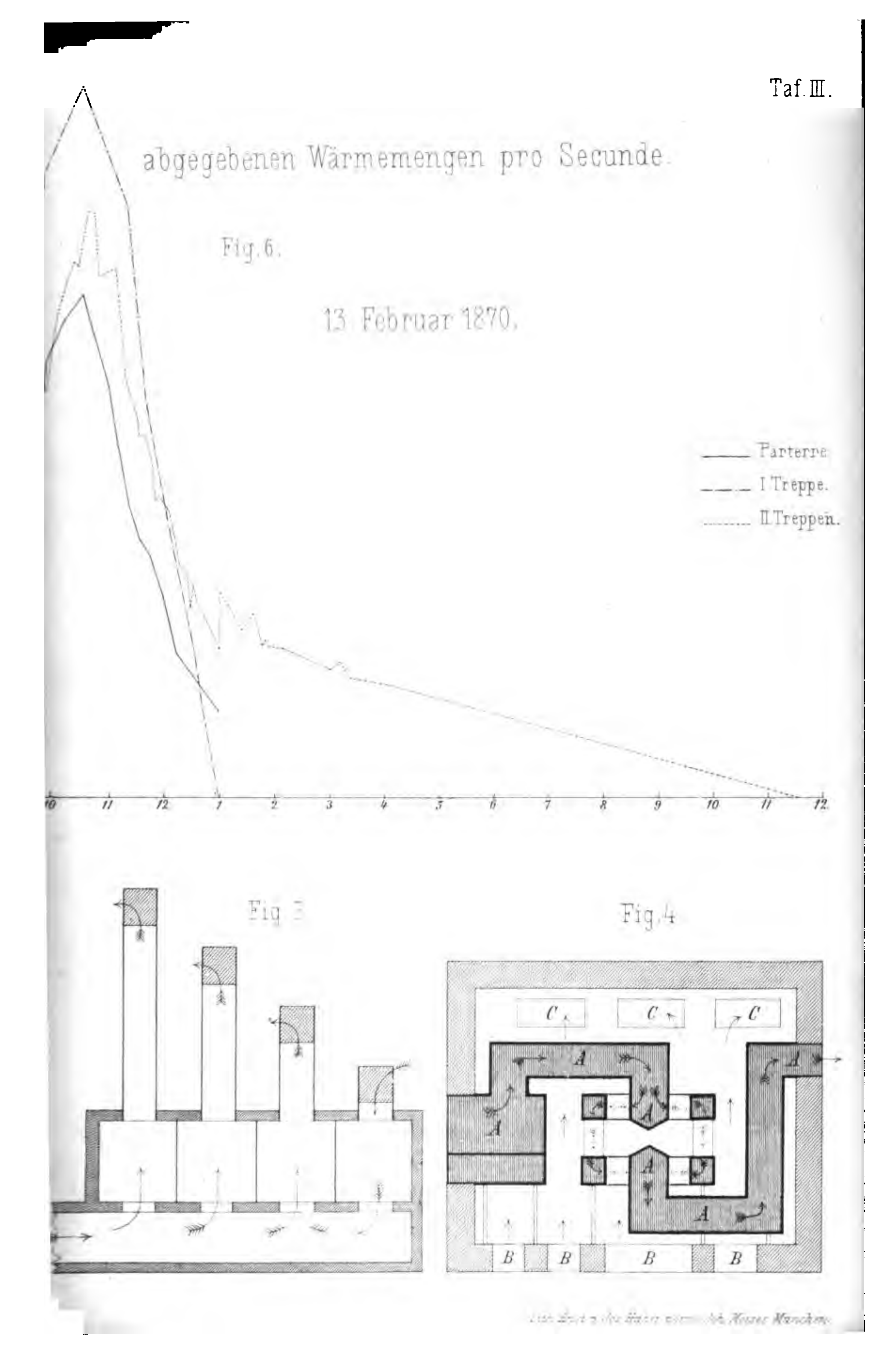
Die Kartoffeln werden meist im Abendessen aufgenommen; auch hier würde es gewiss besser sein, zur Abwechslung ein aus Mehl bereitetes Gericht zu geben, z. B. Nudeln, Knödel oder Spätzeln, wie es in Süddeutschland gebräuchlich ist. Es ist in der That auffallend, dass die Bergleute das Mehl der Getreidearten fast ausschliesslich in Brod verzehren. Auch andere gut ausnützbare Vegetabilien können statt der Kartoffeln in ausgedehnterem Maasse verwendet werden, wie z. B. Reis und Mais.

Man kann mit Sicherheit sagen, dass die Bergleute bei der Art ihrer Kost eine bedeutende Kothmenge und damit sonst noch brauchbare Nahrungsstoffe entleeren. Es ist dies eine Verschwendung. Bei einer besseren Zusammensetzung der Nahrung wird man weniger Koth liefern und auch weniger Kohlehydrate aufzunehmen brauchen, um den Körper auf seiner Zusammensetzung zu erhalten. Dies wird bei geschickter Wahl möglich sein, ohne dass die Ausgaben für die Nahrung wesentlich grösser zu sein brauchen. Das Bedeutungsvolle bei einer solchen Aenderung ist, dass dem Darmkanale keine so grosse Last und Arbeit zugemuthet wird, der Körper kräftiger ist und krank machenden Einflüssen ungleich besser widersteht.

Ich zweifle nicht daran, dass es bald gelingen wird, durch unablässige Bemühungen auf dem vorzüglich von Prof. Voit in den letzten Jahren eingeschlagenen Wege die Nahrung unserer Arbeiter zu einer besseren zu machen und sie mit den geringsten Mitteln dem Ideal für einen bestimmten Fall anzunähern. Schon jetzt haben die Untersuchungen über die Ernährung eine hohe Bedeutung für das Wohlergehen der Menschen erlangt.


Curven der in den einzelnen Stockwerken
Fig. 5.
2. Februar 1870.
1,2
1,1
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
8
9
10
11
12
1
2
3
4
5
6
7
8
9
Fig. 2.
4
3
2
1
IV
II
I
III
I
IV
10
5
0
Kohlensäuregehalt d. Luft p. Mille.
Fig. 1.
Höhe des Beobachtungsortes in Metern.
III
I
II
II
25
20
15
10
5
Kohlensäuregehalt der Luft p. Mille.

Taf. III.


abgegebenen Wärmemengen pro Secunde.
Fig. 6.
13 Februar 1870.
Parterre
I Treppe.
II Treppen.
10 11 12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
Fig. 3
Fig. 4
C C C
A A A A A A A
B B B B

ZEITSCHRIFT

FÜR

BIOLOGIE

VON

L. BUHL, M. v. PETTENKOFER, C. VOIT,
PROFESSOREN AN DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN.

XIII. Band.

IV. Heft.

Inhalt:

MÜNCHEN, 1877.
DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

Die Bedeutung von Trinkwasseruntersuchungen für die Hygiene.

Von

Dr. C. Flügge,

Assistenten am pathologisch-chemischen Laboratorium zu Leipzig.

Entsprechend dem bedeutenden Aufschwung, dessen sich die Hygiene seit den letzten Jahrzehnten erfreut, und dem regen Interesse, welches ihrer Entwicklung allseitig entgegengetragen wird, haben sich im Laufe der verflossenen Jahre eine grosse Menge von Pflanzstätten dieser neuen Wissenschaft aufgethan. Die Mehrzahl derselben hat freilich nicht den Zweck, die Hygiene theoretisch fortzubilden, sondern sie bemüht sich nur einzelne Grundsätze und Methoden derselben auf praktisch wichtige Fragen anzuwenden. Regierungsbehörden, städtische Collegien und Private haben in grosser Zahl Laboratorien errichtet, in denen Sachverständige Untersuchungen über die Fragen anstellen, deren Lösung im Interesse der öffentlichen Gesundheit oder aus volkswirthschaftlichen Rücksichten Bedürfniss zu sein scheint.

Viele der in diesem Sinne angestellten Untersuchungen haben das Trinkwasser zum Gegenstand gehabt. In fast allen Städten sind oberflächliche Feststellungen der Beschaffenheit des gebräuchlichen Trinkwassers gemacht; in den meisten Orten aber haben Chemiker oder Aerzte nicht den grossen Aufwand an Zeit und Arbeit gescheut, der dazu gehört, um eine ins Detail und quantitativ ausgeführte Analyse der Mehrzahl der Brunnenwässer zu vollenden. In zahlreichen Brochüren und Zeitschriften sind die Resultate dieser Analysen veröffentlicht und lange Zahlenreihen geben Zeugniss von der Ausdauer und dem Fleisse der Untersuchenden.

Es liegt nahe, gegenüber dieser Fülle von wissenschaftlichem Material zu fragen, welche Motive denn zu seiner Ansammlung beigetragen haben, nach welchen Gesichtspunkten die Untersuchungen angestellt sind und welchen Nutzen dieselben bisher der öffentlichen Gesundheitspflege gebracht haben.

Der wesentlichste, wenn nicht einzige Grund dieser langjährigen Arbeiten ist zweifellos in dem allgemein verbreiteten Glauben an eine nahe Beziehung zwischen Trinkwasser und epidemischen Krankheiten zu suchen, der ungefähr so alt ist, als Seuchen die Völker in Schrecken setzen.

Durch diesen traditionellen Glauben ist auch der leitende Gesichtspunkt für die Untersuchungen des Wassers gegeben: man strebt nach Anhaltspunkten für die Beurtheilung eines Trinkwassers, indem man sich bemüht der schädlichen Bestandtheile durch die chemische Analyse habhaft zu werden oder doch Substanzen zu finden, deren Nachweis Schlüsse auf die Anwesenheit der gefürchteten Krankheitskeime gestattet.

Leider steht der Nutzen, der für die öffentliche Gesundheitspflege aus diesen Untersuchungen bisher erwachsen ist, nicht ganz im Verhältniss zu dem enormen Aufwand von Arbeit und Mühe. Weit entfernt, dass alle die zahlreichen Analysen uns das Trinkwasser als wesentlichste Ursache der Infectionskrankheiten bestätigt und die schädlichen Bestandtheile in demselben kennen gelehrt haben, sind vielmehr die Ansichten sowohl über die Bedeutung des Trinkwassers als Krankheitsursache wie über den Werth der verschiedenen analytischen Methoden für die Beurtheilung eines Wassers weiter denn je auseinandergegangen.

Unter diesen Umständen muss es zeitgemäss erscheinen, wenn im Folgenden der Versuch gemacht wird, für den relativen Misserfolg der bisherigen Trinkwasseruntersuchungen eine Erklärung zu finden und womöglich die Wege anzudeuten, auf denen mit grösserer Wahrscheinlichkeit ein wissenschaftlicher Fortschritt zu erzielen sein wird.

Bei einer unbefangenen Prüfung der grossen Masse von früheren Wasseranalysen gewinnt man vor allem den Eindruck, dass die Mehrzahl der Untersuchenden sich nicht vollkommen klar war über

das, was nachgewiesen werden sollte und worauf die Untersuchungen in erster Linie zu richten waren. Und diese Ungewissheit wird nur zu erklärlich, wenn man erwägt, wie sehr die weit auseinandergehenden Ansichten über die Bedeutung des Trinkwassers als Krankheitsursache auf die Untersuchungen selbst von Einfluss sein mussten. Je nachdem dem Trinkwasser diese oder jene Wirkungsweise zugeschrieben wurde, war es nöthig nach anderen Gesichtspunkten Untersuchung und Methode zu modificiren; und indem bei dem hypothetischen Charakter der leitenden Grundsätze die Analytiker womöglich mehreren der herrschenden Theorien gleichzeitig Material zu liefern strebten, entstand jene Unklarheit über den Werth der einzelnen Methoden, die nur durch eine strenge Feststellung der Ziele der Untersuchung und der Leistungsfähigkeit der Analysen gehoben werden kann.

Die gegenwärtigen Hypothesen über die Entstehungsweise der Infectionskrankheiten, soweit sie an einer Untersuchung von Trinkwässern Interesse und solche provocirt haben, lassen sich nicht mit kurzen Worten anführen. Da es aber gerade auf eine Präcisirung dessen, was die Vertreter der verschiedenen Anschauungen von den Wasseranalysen erwarteten, wesentlich ankommt, wenn über den Werth der eingeschlagenen Methoden ein Urtheil gefällt werden soll, so will ich im Folgenden eine Zusammenstellung dieser in einer nicht unbeträchtlichen Literatur zerstreuten Hypothesen versuchen. Es soll dabei speciell der Typhus als Schema der Infectionskrankheiten dienen, weil derselbe mehr wie jede andere in seiner Beziehung zum Trinkwasser untersucht und discutirt ist.

Die Ansichten über die Entstehungsweise des Ileo-Typhus theilen sich im Grossen in zwei Gruppen; die Einen betrachten das Typhusgift als einen entogenen Infectionsstoff[1]), der sich im ergriffenen Organismus reproducirt und in den Ausleerungen des Kranken ent-

1) Pettenkofer, Zeitschr. f. Biologie Bd. I, S. 322; IV, 1; V, 172; VIII, 492; X, 439. — Port, Zeitschr. f. Biologie Bd. VIII, S. 458. — Vorträge über die Aetiologie des Typhus, München, Finsterlin 1872. — Vogt, Trinkwasser oder Bodengase. Basel 1874. — Virchow, Die Fortschritte der Kriegsheilkunde. Berlin 1874. — Griesinger, Infectionskrankheiten. Erlangen 1864. — Liebermeister, in Ziemssen's Handb. d. Pathologie u. Therapie. Lpzg. 1874.

halten ist; die Anderen halten die specifische Schädlichkeit, die den Typhus erzeugt, für ektogen, lassen sie ausserhalb des kranken Organismus entstehen, resp. zur Wirksamkeit sich entwickeln.

Die erstere Anschauung fällt im Ganzen zusammen mit der Lehre von der Contagiosität des Typhus, soweit diese im engeren Sinne, nicht aber in der erweiterten Auffassung von Biermer[1]) genommen wird. Nach dieser Ansicht kann das in den Typhusdejectionen enthaltene Gift an und für sich wieder Typhus erzeugen, ohne dass es einer Weiterentwicklung auf geeignetem Substrat oder einer Vermehrung innerhalb günstiger Medien bedarf; vielmehr äussert es, selbst in geringster Menge, auf einen gesunden Organismus seine Wirkung, weil es sich in diesem eben wieder reproducirt.

Der Ansteckungsstoff kann nun als Transport- und Verbreitungsmittel gelegentlich auch das Trinkwasser benutzen und dadurch so vielen Menschen die Gefahr einer Infection bringen, als von dem Wasser geniessen. Jedoch sind hier zwei Verbreitungswege zu unterscheiden, die durch die Art und Weise verschieden sind, in der sie die Untersuchungsmethoden des Wassers beeinflusst haben.

Das Gift kann entweder im Trinkwasser in grosser Verdünnung und ohne viel begleitende charakteristische Bestandtheile auftreten. Dieser Fall liegt z. B. dann vor, wenn einzelne Typhusdejectionen ganz oder zum Theil in grössere Bäche oder Flüsse, oder in Wasserleitungen gelangen. Die Epidemien in Lausen[2]), im Halle'schen Waisenhause[3]), in Winterthur[4]), Stuttgart[5]), Elterlein[6]), Nunney[7]), Ober-Wiesenthal[8]), Aker[9]) u. s. w. sind als Beispiele

---

1) Biermer, Sammlung klinischer Vorträge. Nr. 53. Leipzig, Breitkopf und Härtel 1873. S. 415.

2) Haegler, Deutsches Arch. f. klin. Med. Bd. VII.

3) Zuckschwerdt, Die Typhusepidemie im Waisenhaus zu Halle. Halle 1872.

4) Bansen, Ueber Entstehung des thyph. abd. Schaffhausen 1872. — Weinmann, Schweiz. Corresp. 1872.

5) Burkart, Württemb. Corresp. 1872. — Köstlin, ebenda Bd. XL. S. 111. 3.

6) Weisflog, Arch. f. klin. Med. 1873.

7) Ballard, Med. Times and Gaz. 1873.

8) Wohlrab, Arch. f. Heilkunde 1871.

9) Beretning om Folkemaengden u. s. w. Christiania 1874. S. 5.

solcher Infectionen herangezogen. Es handelt sich hier stets um relativ reines Wasser, das nur vorübergehend und oft in ausserordentlich geringem Grade verunreinigt ist.

Wie weit eine Verdünnung des Typhusgiftes gehen kann, ohne die Wirksamkeit desselben zu vernichten, geht besonders aus den zahlreichen neuesten Beispielen aus der englischen Literatur hervor[1]). Typhusdejectionen sind nach diesen aus einer defecten Grube in einen Brunnen gelangt; mit Wasser aus diesem Brunnen sind Milchgefässe gespült; diese kurze Berührung der Gefässe hat aber genügt, um die Milch und durch diese dann eine grosse Reihe von Menschen zu inficiren. Ja sogar die unmittelbare Berührung eines Wassers mit den festen und flüssigen Dejectionen ist nach den neuesten Beobachtungen nicht einmal nöthig; schon wenn die Röhren einer Wasserleitung den Ausdünstungen von Aborten, die Typhusstühle enthalten, nur kurze Zeit ausgesetzt sind, kann das Wasser der Leitung inficirt und somit die Quelle einer Typhusepidemie geschaffen werden.

Diejenigen, welche die hier geschilderte Verbreitungsweise des Typhus für erwiesen halten, werden zunächst versuchen müssen durch Untersuchung des Trinkwassers das Typhusgift selbst kennen zu lernen. Da jedoch dieses, wie eben gezeigt, eine oft nur durch Luftströmungen verbreitete Substanz darstellt und sich bisher unserer Kenntniss entzieht, so hat man sich veranlasst gesehen auf andere charakteristische Bestandtheile zu fahnden, die in der Regel Dejectionen zu begleiten pflegen. Zu welchen Substanzen man in dieser Absicht seine Zuflucht nahm, wird unten erörtert werden. Auch ihr Nachweis gelang häufig genug nicht, weil die Dejectionen in zu grosser Verdünnung vorhanden waren oder gar nur gasförmige Producte die einzigen Beimengen des Giftes bildeten. Immer aber waren die nachgewiesenen Mengen fremder Stoffe äusserst geringe, wie sie sich in jedem gewöhnlichen Brunnenwasser finden, und wurden nur dadurch zu Warnungszeichen, dass es sich um ein sonst besonders reines Wasser handelte.

---

1) z. B. Ballard, Med. Tim. and Gaz. 1870, 26. Nov. — Public Health Reports, New Series I — VII.

Anders mussten die Resultate der Untersuchung ausfallen, wenn die Verbreitung von Typhuskeimen durch Brunnen stattfand, die von nahe liegenden Abortsgruben aus inficirt waren. Da die Entnahme des Trinkwassers aus gegrabenen Brunnen noch die Regel ist, so ist auch nach der Ansicht derer, die den ansteckenden Typhusstoff sich wesentlich durch ins Wasser gelangende Dejectionen verbreiten lassen, die Art der Mittheilung am häufigsten, bei der die Keime von Abortsgruben aus durch das umliegende Erdreich hindurch in das Grund- und Trinkwasser gelangen.

Alsdann müssen die Typhuskeime stets mit einer Menge von charakteristischen Jauchestoffen eine Bodenschichte von gewisser Breite durchwandern, um in den Brunnen zu gelangen. Je näher und unmittelbarer der Zusammenhang zwischen Brunnen und Grube ist, um so mehr solcher Abtrittsstoffe werden in den Brunnen dringen, um so leichter aber auch Typhuskeime in lebensfähigem Zustande bis zum Wasser gelangen. Je weniger sich dagegen durch das Auftreten der Fäcalstoffe die Verbindung mit der Grube bemerkbar macht, um so geringer wird die Gefahr eines gelegentlichen Ueberwanderns von Typhuskeimen, deren Lebensfähigkeit vielmehr möglicherweise durch eine gewisse Länge des Weges und der Zeit ein Ziel gesetzt wird.

Die Vertreter dieser Anschauung könnten zwar auch den Nachweis des Typhuskeimes selbst als Aufgabe der Trinkwasseruntersuchung ansehen; vor allem aber haben sie wichtige und brauchbare Resultate aus der quantitativen Bestimmung jener charakteristischen Jauchebestandtheile erwartet, mit denen ein Auftreten des Contagiums stets verbunden sein muss.

Im Gegensatz zu den geringfügigen Spuren, die bei der vorhin erwähnten Verbreitungsweise schon als Warnungszeichen gelten mussten, konnten hier grosse Zahlen und erhebliche quantitative Differenzen der Beurtheilung eine bessere Basis liefern.

Diese methodische Bestimmung der charakteristischen Jauchebestandtheile hat daher auch die weiteste Ausbildung und Anwendung gefunden, und der häufig gelungene Nachweis, dass in den Fällen, wo ein Brunnen der Verbreitung des Typhus beschuldigt wurde, die Analyse auch reichliche Mengen von Jauchebestandtheilen

fand, hat nicht wenig zur Anerkennung dieser Untersuchungsweise beigetragen.

Von anderem Standpunkt aus setzten diejenigen bestimmte Hoffnungen auf die Resultate der Trinkwasseranalysen, welche es für wahrscheinlich halten, dass der Infectionsstoff des Typhus ein ektogener sei. Nach dieser von Pettenkofer und seinen Schülern aufgestellten und verfochtenen Ansicht wird das Typhusgift nicht als fertiger Ansteckungsstoff vom Menschen producirt; sondern ein specifischer, verschleppbarer, an sich aber unwirksamer Keim bedarf erst der Entwicklung in einem geeigneten Medium oder der Mitwirkung eines aus geeignetem Substrat hervorgehenden Etwas, um zum fertigen Gift zu werden und eine Infection hervorzurufen. Im Kranken reproducirt sich dieses Gift nicht, kann also auch vom Kranken aus sich nicht weiter verbreiten; sondern ein neuer Krankheitsfall erfordert stets erst wieder, dass etwa verschleppte Keime mit jener von ausserhalb des Organismus stammenden Substanz zusammentreffen.

Zu den ektogenen Infectionsstoffen wird man das Typhusgift auch dann zählen müssen, wenn man die Möglichkeit zugiebt, dass der Typhuskeim sich im kranken Organismus, zwar nicht vermehrt, aber doch keimfähig erhält und sich unter günstigen Verhältnissen wieder zum Ansteckungsstoff entwickeln kann. Denn ein solcher Vorgang bedeutet nichts anderes, als dass das fertige Gift, welches den Typhus einer Person verursachte, nachdem es den Körper derselben durchwandert hat, nicht mehr im Stande ist eine andere Person zu inficiren; dass es vielmehr wieder zu jenem an und für sich unwirksamen Keim geworden ist, der auf die verschiedenste Weise eingeschleppt werden kann und nicht erst des Weges durch den kranken Organismus bedarf, und der unter allen Umständen erst durch ein von ausserhalb des Organismus kommendes Etwas zum Infectionsstoff wird.

Endlich ist auch noch die Möglichkeit betont worden, dass der Typhuskeim sich entogen und ektogen vermehrt. Alsdann ist der Typhus also immer contagiös; nur muss angenommen werden, dass der Verbreitung des Contagiums gewisse Hindernisse entgegenstehen; dadurch werden die Fälle von Ansteckung zu relativ seltenen und

beschränkten, ausser wenn eine Verschleppung z. B. durch Trinkwasser nach Analogie der vorhin besprochenen Verbreitungsweisen stattfindet. Gleichzeitig soll aber das Typhusgift sich auch ausserhalb des Körpers vermehren können, sobald die nöthigen günstigen Bedingungen gegeben sind; in diesen Fällen, die sich durch ihre Tendenz zu epidemischer Verbreitung auszeichnen werden, trägt dann das Typhusgift ganz den Charakter des ektogenen Miasmas und theilt dessen Eigenschaften und Lebensbedingungen.

Ueber das äussere Medium, von dem etwas ausgehen muss, was zur Entwicklung des Typhuskeims nöthig ist, sind die Anschauungen wieder getheilt. Einige glauben, dass dasselbe in einem Wasser gegeben sei, das leicht zersetzliche organische Substanzen enthält. Besonders in Verbindung mit faulenden Materien vermuthet man, dass Infectionskeime zu ansteckenden Stoffen und geeignet werden, weitgreifende Epidemien hervorzurufen. Dabei ist es möglicherweise nicht nöthig, dass die Begegnung des verschleppten Keims mit den organischen Stoffen im Wasser selbst stattfindet; dieselbe kann z. B. auch in unserem Körper vor sich gehen, in den wir derartiges Trinkwasser einführen, oder in unseren Wohnungen, wenn wir in diese so beschaffenes Wasser zu Haushaltszwecken gelangen lassen.

Von dem Standpunkte dieser Lehre aus ist selbstverständlich das wesentlichste Augenmerk bei den Trinkwasseruntersuchungen auf die organische Substanz gerichtet worden. Man hat einzelne Kategorien derselben festzustellen gesucht, indem man ihre verschiedene Zersetzlichkeit und ihre Neigung zur Fäulniss als Maassstab ihrer Gefährlichkeit annahm. Ein einfacher Nachweis von Jauchestoffen überhaupt genügte hier den Anforderungen der Theorie nicht, weil diese unter einander als viel zu wenig hygienisch gleichartig angesehen wurden.

Weitaus die meisten Anhänger der Theorie vom ektogenen Charakter des Typhusgiftes sind aber der Ansicht, dass der Boden das Medium sei, in dem entweder der eingeschleppte, unfertige Keim des Typhus zur Entwicklung gelangt, oder von dem ein Etwas ausgeht, das mit jenem Miasma zusammen den fertigen Giftstoff liefert. Zu dieser wichtigen Rolle ist aber nicht jeder Boden

geeignet; vielmehr bietet nur ein solcher die nöthigen Bedingungen, der imprägnirt ist mit zersetzlichen organischen Stoffen, wie sie der Abfall des menschlichen Haushalts liefert. Es gehören jedenfalls auch noch andere Umstände dazu, um die Disposition eines Bodens zu vollenden; so eine gewisse Durchlässigkeit, ein bestimmter Wechsel der Durchfeuchtung; diese brauchen jedoch hier nicht erörtert zu werden, weil ihre Erkennung ohne Einfluss auf den Gang der Trinkwasseruntersuchungen gewesen ist. Dagegen hat jene Bedingung der Imprägnirung des Bodens mit Abfallsstoffen des menschlichen Haushalts ein ganz besonderes Interesse für die Analysen gehabt, aber auch hier von zwei verschiedenen Gesichtspunkten aus, die sich mit Rücksicht auf die Beziehung des Trinkwassers zu solchem verunreinigten Boden geltend machten. Viele, die den Glauben an die Gefährlichkeit des Trinkwassers beibehalten wollten, dennoch aber anerkennen mussten, dass die Thatsachen auf den Boden als einen wesentlich beim Zustandekommen der Infectionskrankheiten betheiligten Factor verweisen, stellten es als wahrscheinlich hin, dass der in verunreinigtem Boden entwickelte Krankheitskeim als einzigen oder doch gewöhnlichen Weg, auf dem er zu den Menschen gelange, das Trinkwasser benutze.

Pettenkofer und seine Anhänger stellten dagegen im Wesentlichen folgende Anschauung auf: sie wiesen nach, dass die Verbreitung des Typhus unbedingt in einer grossen Reihe von Fällen ohne jede Betheiligung des Trinkwassers zu Stande kommt; folglich muss es noch eine andere Verbreitungsart der im Boden gebildeten inficirenden Producte geben, und dies können nur die überall nachweisbaren Luftströmungen vom Boden aus sein. Da der Weg der Infection von der Lungenschleimhaut aus a priori ausserordentlich viel wahrscheinlicher ist; da mithin diese Art der Infection vom Boden aus durch die Luftströmung überall leicht zu Stande kommen muss, leichter als jede andere Art der Infection, so haben die Fälle, die eine Verbreitung des Typhus durch Trinkwasser demonstriren sollen, nur dann Beweiskraft, wenn jene gewöhnlichere, sicher bestehende Verbreitungsursache durch die Luft dabei ausgeschlossen werden kann. Dies ist aber nicht der Fall, da in den bekannt gewordenen Beispielen die erkrankten Personen stets auch der Luft

der verdächtigen Localität ausgesetzt gewesen sind. Die scharfen Begrenzungen von Typhusepidemieen kommen je nach der Bodenbeschaffenheit nicht weniger häufig in solchen Fällen vor, wo ein Einfluss des Trinkwassers mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann; das Aufhören der einzelnen Trinkwasserepidemieen nach dem Abschluss der betreffenden Wasserquelle kann ebenfalls nicht als beweisend angesehen werden, weil es sich immer um solche beschränkte Epidemieen handelte, die nachweislich stets eine relativ kurze Dauer und ein rasches Kommen und Verschwinden zeigen, und weil eine Sperrung des verdächtigten Wassers selbstverständlich immer erst nach heftiger Aeusserung der Epidemie und damit wahrscheinlich nahe ihrem natürlichen Ende geschieht. — Da einmal die Verbreitung der Typhusinfection durch die Luft angenommen werden muss und für alle Fälle vollkommen ausreichend erscheint, so weisen Pettenkofer und seine Anhänger selbstverständlich so lange jede andere Erklärungsweise zurück, bis diese vollgiltig erwiesen und in einzelnen Fällen die Unmöglichkeit der bisher angenommenen gezeigt ist.

Trotz dieser Verschiedenheit der Anschauung haben doch beide Parteien, die eine Mitwirkung des Bodens zum Zustandekommen des Typhusgiftes annehmen, ein fast gleiches Interesse an Trinkwasseruntersuchungen gezeigt. Diejenigen, welche die Verbreitung des Typhus durch das Wasser für wahrscheinlich halten, könnten zunächst den Keim selber nachzuweisen suchen; bei der völligen Unkenntniss über die Natur desselben war man jedoch bestrebt noch andere Anhaltspunkte zu finden, und da wie oben gezeigt, die Imprägnirung des Bodens mit menschlichen Abfallsstoffen eine wesentliche Bedingung der Keimentwicklung bildet, diese Stoffe aber gerade so wie das mit ihrer Hilfe gebildete Gift ins Wasser übertreten müssen, so durfte man von dem Nachweis dieser Abfallstoffe den wesentlichsten Vortheil erwarten. Je grösser ihre Menge war, um so günstigere Bedingungen für die Entwicklung von Infectionskeimen waren im umliegenden Boden gegeben und um so gefährlicher war das so verunreinigte Wasser. Als eigentliche Basis der gefürchteten Processe betrachtete man unter den Jauchebestandtheilen wieder die organischen Substanzen; für

die Zwecke der Untersuchung hat man daher entweder die gesammten Repräsentanten der menschlichen Abfallsstoffe als gleichwerthig angesehen, weil der eine stets auch die Gegenwart des anderen bedingt und ein an und für sich unschädlicher anorganischer Bestandtheil darum doch die Gegenwart eines zersetzlichen, organischen anzeigt; oder aber man hat speciell die Substanzen ausgewählt und zu bestimmen gesucht, die in directer Beziehung zu dem sich entwickelnden Keim zu stehen scheinen, nämlich die leicht zersetzlichen, faulenden organischen Stoffe.

Ganz ähnliche Anforderungen stellten auch die Gegner der Trinkwasserhypothese. Zwar verlangten sie keine auf den Typhuskeim selbst hinzielende Untersuchung des Wassers, wohl aber eine solche, die entweder die Menge der menschlichen Abfallsstoffe, oder specieller die zersetzliche organische Substanz im Wasser nachzuweisen bemüht war. Auch sie gingen dabei von der Voraussetzung aus, dass jedes Brunnenwasser das Gepräge der Beschaffenheit des umgebenden Bodens trägt. Die Zusammensetzung des Wassers hatte dann nur Bedeutung als Ausdruck des Zustandes des umliegenden Erdreichs und durch die Analysen der Brunnenwässer glaubte man gleichsam über die Vorgänge in der Tiefe unseres Wohnbodens fortlaufend wachen zu können. —

Nach der hier gegebenen Zusammenstellung über die verschiedenen Gesichtspunkte, von denen aus Trinkwasseruntersuchungen angestellt sind, lassen sich im Wesentlichen drei Gruppen von Bestandtheilen des Wassers zusammenfassen, durch deren Bestimmung über die Stellung des Trinkwassers in der Typhusätiologie Aufschluss erhofft wurde.

Erstens versuchte man den Typhusinfectionsstoff selbst im Wasser aufzufinden. Hieran hatten alle Parteien ein Interesse, ausgenommen diejenigen, die das Wasser überhaupt nicht als directe Quelle der Infection ansehen.

Zweitens wurde der Analyse der zersetzlichen organischen Stoffe eine hohe Bedeutung beigelegt. In ihnen sollte entweder geradezu das zur Entwicklung des Typhuskeims nöthige Substrat bestimmt oder es sollte die Menge eines solchen im umgebenden Boden daran erkannt werden.

Drittens wandte man sich zur quantitativen Feststellung der charakteristischen Repräsentanten der menschlichen Abfallstoffe; und zwar, weil man entweder aus dem grösseren Gehalt an Jauchestoffen überhaupt, auf grössere Wahrscheinlichkeit eines gelegentlichen Uebertritts contagiöser Jauche schloss; oder weil man annahm, dass die Menge der zersetzlichen organischen Substanz mit der Menge dieser Abfallstoffe parallel gehe; oder weil man endlich in ihnen den Ausdruck einer hygienisch differenten Bodenbeschaffenheit erblickte.

Auf diese drei Gruppen von Stoffen hat man nun bisher verschiedene Methoden der quantitativen Bestimmung angewandt, und hat so, in weitaus den meisten Fällen durch chemische Analysen, in seltenern durch mikroskopische Untersuchung einzelner Brunnenwässer, eine Basis für die Beurtheilung des Trinkwassers in hygienischer Beziehung zu schaffen gestrebt.

Es ist aber nicht schwer zu zeigen, dass diese bisher versuchten Methoden das nicht leisten konnten, was man von ihnen verlangte, und dass deshalb trotz der jahrzehntelangen Untersuchungen noch keine der vielfachen vermutheten Beziehungen zwischen Typhus und Trinkwasser wirklich klar gestellt ist.

Der Beweis dieser Behauptung wird einfach darauf hinauslaufen, zu zeigen, dass die einzelnen analytischen Methoden nicht im Stande waren den Typhusinfectionsstoff, die organische Substanz oder die charkteristischen Abfallstoffe in dem Sinne und mit der Genauigkeit nachzuweisen, wie es die verschiedenen Hypothesen erforderten.

Die Analysen, denen bisher im hygienischen Interesse das Trinkwasser unterworfen ist, betreffen eine grosse Reihe von einzelnen chemischen Körpern oder gewissen Summen derselben. Durchweg gebräuchlich ist die Bestimmung 1) der festen Bestandtheile; 2) der organischen Stoffe; 3) der Salpetersäure; 4) des Ammoniaks; 5) der Kohlensäure; 6) der Erden und Alkalien; 7) der Schwefelsäure und Phosphorsäure; 8) des Chlors; hieran hat sich dann häufig noch die mikroskopische Analyse angeschlossen.

Aufgabe der folgenden Kritik wird es sein, zunächst zu prüfen, ob in den einzelnen Methoden selbst nicht ein Einwand gegen die Brauchbarkeit der betreffenden Bestimmung enthalten ist; dann aber, wenn die Methode sich als tadelfrei herausstellt, zu sehen, ob die Zahlen der Analyse die Deutung verdienen, die ihnen vom Standpunkt der verschiedenen hygienischen Theorieen aus beigelegt worden ist.

Die erste mit besonderer Vorliebe angestellte Analyse hat gewöhnlich der Summe der „festen Bestandtheile“ oder dem „Trockenrückstande“ gegolten. Die Methode besteht im Verjagen des Wassers durch Trocknen bei höherer Temperatur. Die Fehler derselben liegen darin, dass vor allem der Temperaturgrad, bei dem getrocknet wird, von grösstem Einfluss ist auf die Zusammensetzung des Rückstands. Wir finden denn auch, dass die einen Analytiker bei 100°, die anderen sogar bei 180° trocknen; das, was eigentlich erreicht werden soll, wird bei keiner dieser Temperaturen erreicht: nämlich vollständiges Fortgehen des Wassers ohne Beeinflussung der übrigen Bestandtheile, die eine Gewichtsänderung des Rückstandes veranlassen könnte.

Nach dem Trocknen bei 100—120° konnte mehrfach beobachtet werden, dass der scheinbar wasserfreie Rückstand beim Erhitzen auf etwas höhere Temperaturen noch beträchtliche Mengen Wasser abgiebt. So fand Weltzien[1]) in einem Falle noch eine Abnahme um 35 %. Dies zäh zurückgehaltene Wasser hat man wesentlich als Hydratwasser aufgefasst. In neuerer Zeit wird daher vielfach 180° als die anzuwendende Temperatur empfohlen, weil bei dieser sicher alles Wasser ausgetrieben wird. Andererseits spricht aber gegen deren Anwendung der Nachweis, dass bei dieser Temperatur schon organische Substanz in erheblicher Menge zersetzt wird. Wibel[2]) fand in einem exact angestellten Experiment, wie es allein geeignet ist solche Fragen zu entscheiden, diese Zersetzungsgrösse sehr bedeutend. Das auch bei diesem Versuche erst bei höherer Temperatur fortgegangene Wasser (und Kohlensäure) ist Wibel geneigt zum Theil ebenfalls als Zersetzungsproduct

1) Weltzien, Die Brunnenwässer der Stadt Carlsruhe. 1868. S. 12.

2) Wibel, Die Fluss- und Bodenwässer Hamburgs. Hamburg 1876. S. 7.

organischer Substanzen anzusprechen, so dass also der vermeintliche grössere Wasserverlust bei höherer Temperatur wesentlich hierdurch seine Erklärung finden würde; den stattgehabten Verlust an organischen Substanzen schlägt Wibel auf mindestens 40% derselben an.

Diese Deutung Wibel's hat viel Wahrscheinliches. Nur in seltensten Fällen ist der Gehalt der Trinkwässer an Substanzen mit Hydratwasser irgend bedeutend. Nur solche Wässer, die viel $CaSO_4$ enthalten, können hier in Betracht kommen; ein etwaiger Gehalt an $MgSO_4$, $Mg(NO_3)_2$, den einzigen im Trinkwasser sonst noch vorkommenden Salzen, die Hydratwasser enthalten, ist stets zu gering, um ins Gewicht zu fallen; aber auch der $CaSO_4$ kommt verhältnissmässig wenig in Trinkwässern vor. Dagegen liegt es auf der Hand, dass die organischen Substanzen im Trinkwasser zum Theil sehr leicht zersetzlicher Natur sind, und bei höherer Temperatur aufs schnellste zerfallen können. Die früher gefundenen starken Differenzen beim Trocknen bei höherer Temperatur sind daher gewiss zum grössten Theil auf diese Zersetzungen der organischen Substanzen zurückzuführen, so auch jene angeführte Beobachtung Weltzien's, die gerade ein besonders stark mit organischen Substanzen verunreinigtes Wasser betraf.

Es werden nun je nach der Menge und Beschaffenheit der organischen Substanz, dann aber auch nach dem Gehalt an Gyps schon ausserordentlich grosse Differenzen in den Rückstandszahlen für die Trinkwässer auftreten, die lediglich auf Mängel der Methode zurückzuführen sind. Andere Ungenauigkeiten bringen aber ausserdem noch die Anwesenheit von CO_2, NH_3, die fortgehen, löslichen NH_3-Salzen, die sich mit Kalk-Carbonat umsetzen, endlich $MgCl_2$ und $MgCO_3$, die basisches Salz bilden, hinzu. Es wird gleichgiltig sein, ob die Chemiker übereinkommen z. B. ein und dieselbe hohe Temperatur zur Bestimmung zu wählen. Vergleichsfähige Resultate werden sie doch nicht bekommen, weil der verschiedene Gehalt eines Wassers bald an jenen, bald an diesen der aufgezählten gegen die Absicht des Analytikers durch die Fehler der Methoden in Mitleidenschaft gezogenen Bestandtheile eine stets verschiedene Differenz auch bei gleicher Behandlungsweise bewirken wird.

Ich habe es bei meinen Analysen immer noch praktischer gefunden, bei niederer Temperatur — 100° — zu trocknen; der Fehler, der nachweislich bei Anwendung höherer Temperaturen durch die Zersetzung der organischen Substanzen entsteht, ist unbedingt so viel grösser, als der des nicht vollständigen Austreibens des Hydratwassers, dass man vor allem die höhere Temperatur zu fürchten und zu vermeiden hat. Besonders bei Analysen der Brunnenwässer ein und derselben Stadt, die im grossen Ganzen sich ähnlich sind, z. B. entweder reichlich Gyps, oder besonders viel organische Substanzen enthalten, können bei Anwendung niederer Temperatur ziemlich brauchbare Vergleichsresultate erzielt werden.

Aber selbst eine tadelfreie Bestimmung des Verdampfungsrückstandes eines Wassers würde uns keinen Rückschluss auf den hygienischen Werth eines Trinkwassers gestatten. Denn der feste Rückstand bietet ja immer nur eine Summe von Stoffen, die nur das Einheitliche haben, dass sie bei einer gewissen Temperatur nicht flüchtig sind; wenn dagegen diese Bestimmung von Werth sein sollte, so müsste sie das Gemeinsame haben, dass ihre einzelnen Componenten gleichmässig die Menge der hygienisch differenten oder der sogenannten Stadtlaugenbestandtheile anzeigten. Dies ist aber nicht möglich, da die Werthe für die fixen Rückstände sich in den verschiedenen Wässern in stets verschiedener Weise zusammensetzen, und zum grössten Theil immer aus solchen Componenten, die in gar keiner Beziehung zu jenen gesuchten Substanzen stehen.

An die Analyse der festen Bestandtheile hat sich gewöhnlich die Bestimmung des „Glühverlustes“ oder wie Manche sagten, der „organischen Substanz“ angeschlossen. Das Fallenlassen der einheitlichen Bezeichnung „organische Substanz“ und der an dessen Stelle gewählte Ausdruck zeigen schon, dass hier wieder eine complicirte Summe zur Analyse gelangt; es ist vorauszusehen, dass die Zahlen für dieselben gar nicht vergleichbar sein werden, da auch hier die constituirenden Summanden niemals die gleiche Bedeutung haben. Vor allem aber wechselt die durch das Glühen erzielte Veränderung eines Trockenrückstandes je nach der ursprünglichen Beschaffenheit des Wassers in der mannigfaltigsten Weise.

Im Allgemeinen wird dabei nämlich 1) die CO_2 der Mg vollständig, die des Kalks theilweise, verschieden je nach dem angewandten Hitzgrade ausgetrieben; eine fernere Austreibung von CO_2 kann durch Kieselsäure statthaben; 2) wird $MgCl_2$, soweit dasselbe nicht schon beim Trocknen zersetzt ist, in MgO verwandelt, HCl geht fort; 3) können bei starker Hitze Chloralkalien sich verflüchtigen; 4) verbrennt die organische Substanz. Hierbei wird die CO_2 sich theilweise bilden unter Reduction der Nitrate und Sulfate. — Behufs des Ersatzes der CO_2 der Erden ist es zur allgemeinen Regel geworden, nachträglich mit $(NH_4)_2CO_3$ wiederholt zu befeuchten und wieder zu glühen; neben dem beabsichtigten Resultat wird aber hierbei auch noch das unerwünschte mehr oder weniger erreicht werden, dass die Nitrate, Sulfate und Chloride der Alkalien und Erdalkalien theilweise in Carbonate verwandelt werden; gerade bei dem oft bedeutenden Gehalt der Trinkwässer an Nitraten kann dieser Fehler enorm gross werden. Dazu kommt, dass die Summe dieser verschiedenen verflüchtigten Substanzen von einem Minuend abgezogen werden muss, der selbst, wie ich oben gezeigt habe, nicht einmal eine genau bestimmbare Grösse repräsentirt. Die resultirende Differenz muss eine völlig unbestimmte werden, über deren Bedeutung wir uns natürlich niemals eine richtige Vorstellung machen können. Die einschlägige Literatur liefert eine Menge von derartigen Beispielen, so bei Langhans, Chemische Analysen des Trink- und Flusswassers von Fürth, S. 11; Reichardt, Grundlagen etc. S. 48 u. s. f.

Die ungünstigen Resultate dieser analytischen Methode veranlasste viele Chemiker andere Wege einzuschlagen, um die Menge der organischen Substanzen zu bestimmen, da man in ihnen ja nicht allein einen Repräsentanten der Stadtlaugenbestandtheile, sondern vielfach auch das eigentliche Material für die Entwicklung des Typhuskeims sah.

Man hat es daher nicht an Mühe fehlen lassen, um Methoden für die Bestimmung der organischen Substanzen zu gewinnen. Hierher gehört zunächst die Elementaranalyse, die den C und N ermittelte; dabei sind aber die zur Verarbeitung gelangten Quantitäten meist so gering, dass die gefundenen Werthe in den Bereich der

Fehlergrenzen der Methode fallen[1]). Nur in der Frankland-schen Modification scheint diese Methode zu verhältnissmässig zuverlässigen Resultaten zu führen, so dass wir den N-Gehalt wohl vollständig, den C-Gehalt wenigstens annähernd erhalten. Jedoch ist diese Methode zeitraubend und hat deshalb nicht so viel Anklang gefunden, als die relative Sicherheit der Resultate wohl verdiente.

Zweitens versuchte man die Bestimmung der organischen Substanzen durch Titriren mit Chamäleonlösung. Nach vielen Enttäuschungen und Verbesserungen wird diese Methode jetzt fast allgemein nach Kubel's Angabe ausgeführt. Dennoch genügt sie auch in dieser Form noch nicht den Anforderungen eines exacten analytischen Verfahrens. Die Endreaction bleibt, namentlich wenn eine grössere Menge leicht zersetzlicher, organischer Substanz vorhanden ist, immer unsicher; es ist dann nur eine Frage der Zeit, wann die rothe Färbung der Endreaction wieder verschwindet. Manche Chemiker, deren übrige Analysen hinreichend für sorgfältiges Arbeiten sprechen, gestehen offen, dass sie mit dieser Methode zu keinem brauchbaren Resultat kommen konnten. (S. Langhans S. 11). In neuester Zeit ist endlich von Fleck eine dritte Methode vorgeschlagen, die Titrirung mit alkalischer Silberlösung. Dieselbe scheint in noch wenig Laboratorien nachgeahmt zu sein; sonst würde jedenfalls auch schon von anderer Seite die Beobachtung gemacht sein, dass die Methode nicht für den durchschnittlichen Gehalt der Trinkwässer an reducirenden Substanzen berechnet ist. Fleck führt freilich einige Belege von Trinkwasseranalysen nach dieser neuen Bestimmungsweise an; bei näherer Prüfung der angeführten Zahlen findet man jedoch, dass es sich um Differenzen der Titrirung von nur Zehntel-, ja Hundertsteln von ccm. handelt. Es wird schwerlich gelingen, sich zu überzeugen, dass die Methode so kleine Differenzen wirklich mit Sicherheit erkennen lässt. Prof. Hofmann hat neuerdings in seinem Laboratorium hierüber eine genauere Untersuchung anstellen lassen, deren Resultate demnächst veröffentlicht werden sollen.

1) cf. Weltzien l. c. pag. 27.

In allen diesen Mängeln der Methoden liegt aber nicht der gewichtigste Einwand gegen die versuchten Bestimmungen der organischen Substanz; sondern dieser muss sich vor allem gegen die Deutung der Resultate wenden. Dass man mit den verschiedenen angewandten Reagentien den Typhusinfectionsstoff selbst nachzuweisen im Stande sei, ist zwar von Niemand behauptet; wohl aber, dass man durch dieselbe jene eigentlich hygienisch differenten organischen Substanzen des Wassers abscheiden und bestimmen könne, die von Vielen als nöthiges Substrat der Entwicklung des Typhuskeims angesehen werden.

Eine derartige Identificirung ist aber entschieden nicht statthaft.

Die organischen Substanzen, die sich im Grundwasser finden, stammen entweder von den pflanzlichen Resten des Bodens und setzen sich dann zum Theil aus noch fast unbekannten chemischen Verbindungen zusammen, gehen aber in letzter Linie ähnlichen Zerfallsstufen und Endproducten entgegen, wie die animalischen Stoffe; oder sie verdanken ihren Ursprung den Abfällen des menschlichen Haushalts, also Harn, Koth, Küchenwasser etc.; auch in diesen werden eine grosse Menge verschiedenst constituirter Stoffe, von peptonähnlichen Verbindungen bis zum Harnstoff, von den kohlenstoffreichsten Substanzen bis zu den C-ärmsten enthalten sein. Es muss nun allerdings die Möglichkeit zugegeben werden, dass dieses noch nicht annähernd entwirrbare Chaos verschiedener im Wasser enthaltener Substanzen wesentlich betheiligt sein kann bei den Processen, die als nöthig für die Entwicklung von Krankheitskeimen gefürchtet werden. Es ist dann aber sicher anzunehmen, dass nicht alle diese Bestandtheile in gleicher Weise unter denselben Bedingungen zu solcher Rolle disponirt sind; und wodurch diejenigen charaktersirt sind, denen die besondere Befähigung zukommt, ein günstiges Substrat für Krankheitskeime zu liefern, darüber haben wir nicht die geringste Kenntniss. Die Einen nehmen an, dass gerade diejenigen Stoffe, die am leichtesten und begierigsten sich oxydiren, die gesuchten gefährlichen sind; die Anderen gehen von der entgegengesetzten Ansicht aus, dass die leicht oxydablen Substanzen, eben weil sie rasch zu den unschädlichen Endproducten oxydirt werden, keine besondere Bedeutung

für uns haben, sondern nur die complicirteren Verbindungen, die noch Material für eine gewisse Summe von Zersetzungs- und Spaltungsprocessen darbieten. Wieder Andere wollen nur die Stoffe aus animalischer Quelle als verdächtigt anerkennen; einige suchen speciell in den N-haltigen eine Gefahr. Wir haben noch absolut keine sicheren Anhaltspunkte, um zu entscheiden, welche Anschauung die mehr berechtigte ist. Es würde von bedeutender Tragweite für unsere Kenntniss der Infectionskrankheiten und für unsere praktisch hygienischen Institutionen sein, wenn wir durch die Analyse des Trinkwassers wirklich solche bedeutungsvolle organische Substanzen isoliren könnten.

Gerade deshalb aber haben wir mit grösster Vorsicht darüber zu wachen, dass vermeintliche Resultate und rein hypothetische Lösungen uns nicht zu bestimmten Anschauungen und deren weittragenden Consequenzen führen. Der Infectionskeim selbst ist uns unbekannt, die Art seiner Entwicklung mit Hilfe gewisser im Wasser enthaltenen organischen Substanzen gleichfalls, ebenso auch die Natur dieser organischen Stoffe. Will man daher die Gefährlichkeit eines Trinkwassers durch Bestimmung irgend welcher Gruppen von organischen Bestandtheilen festzustellen suchen, so kommt das auf den Versuch hinaus, aus einer Gleichung mit lauter Unbekannten bestimmte Werthe herauszurechnen. Methodische Forschungen müssen nothwendig erst noch über manche Räthsel Aufklärung gegeben haben, ehe derartige Versuche zweckentsprechend sind; bis dahin leisten sie nicht der Wissenschaft einen Dienst, sondern beschäftigen nur die Phantasie einzelner Beobachter.

Aber auch dann müssen ähnliche Einwendungen erhoben werden, wenn die organischen Substanzen nur als Repräsentanten der „Stadtlaugenbestandtheile“ analysirt werden. Will man in ihren einzelnen, durch die Analyse abgetrennten Gruppen die eigentlich gefährlichen Theile der Abfallstoffe sehen, so ist dazu gleich wenig Berechtigung vorhanden, einerlei ob sie im Wasser oder im umliegenden Erdreich ihre Rolle spielen.

Will man sie aber lediglich als Ausdruck der Menge von Jauchestoffen ansehen, die ins Wasser übergetreten sind, oder die das umliegende Erdreich durchsetzen, so muss auch dagegen prote-

stirt werden, weil sie zu einem solchen Repräsentanten nicht die nöthigen Eigenschaften besitzen. Zunächst analysiren wir trotz der Theilung in einzelne Gruppen immer nur ein Gemenge von complicirter Beschaffenheit; es können daher verschiedene Quantitäten von Jauchebestandtheilen uns gleiche Resultate geben, wenn nur die organischen Stoffe verschieden sind; z. B. eine grosse Menge Abfallsstoffe mit viel complicirt constituirten Körpern können denselben C- und N-Gehalt zeigen und dieselbe Menge Chamäleon reduciren, wie weit kleinere Quantitäten, die aber höher oxydirte Stoffe enthalten. Ferner giebt uns die Menge organischer Stoffe kein Bild des umgebenden Erdreichs, weil sie auf ihrem Wege durch dasselbe fortwährende Veränderung erleiden und in Folge derselben zum grossen Theil sogar sich gänzlich der Analyse entziehen. Auf diese Vorgänge werde ich später noch eingehend zurückkommen müssen.

Ausgehend von der Thatsache, dass die Stadtlauge, deren Verbreitung im Boden als ein Erforderniss zur Entwicklung von Infectionskeimen fast allseitig anerkannt wird, wesentlich dadurch dem Boden und dem Grundwasser eine differente Beschaffenheit ausdrückt, dass sie stark N-haltige Bestandtheile einführt, hat man der Analyse dieser Körper besondere Aufmerksamkeit zugewandt.

Der N findet sich in dem Trinkwasser in Form von N_2O_5, N_2O_3, NH_3 und in einem Gemenge von N-haltigen Stoffen von noch nicht näher gekanntem Charakter. Die letzteren hat man durch die tadelfreie Methode der Elementaranalyse oder auch durch die noch nicht völlig anerkannte Methode der Ueberführung des N in NH_3 mittelst Chamäleon zu bestimmen gesucht. Den Werth dieser Analysen habe ich schon bei der Besprechung der organischen Substanzen klar zu stellen versucht.

Eine ausführlichere Kritik wird die weitaus beliebteste der Trinkwasseranalysen, die Bestimmung der N_2O_5 erfordern.

Für diese haben wir zunächst analytische Methoden, die an Exactheit wenig zu wünschen übrig lassen. Namentlich gilt dies von dem Schulze-Tiemann'schen und dem Schlösing-Reichardt'schen Verfahren. Tiemann hat mit grosser Sorgfalt die verschiedenen Methoden auf ihre Genauigkeit geprüft und gezeigt, dass beide vollkommen genügende Resultate geben. Gerade

für die N_2O_5-Bestimmung ist man im Gegensatz zu den bisher behandelten Methoden eher zu skeptisch als zu leicht befriedigt gewesen. So hat man die Marx-Trommsdorf'sche Methode für ungenügend erklärt, während dieselbe doch in den meisten Fällen immerhin brauchbare Resultate liefert und dabei die Vorzüge eines leicht ausführbaren Verfahrens besitzt. Sie genügt entschieden bei allen stark verunreinigten Trinkwässern. Hier sind erstens die Zahlen, die sich bei der Bestimmung ergeben, so bedeutend, dass die kleinen Fehler der Methode vollständig verschwinden; die Endreaction mag um ½—1—2 ccm. variiren; das macht gegenüber den 50—100 ccm., die man zum Titriren sogenannter schlechter Wässer gebraucht, und mit Rücksicht auf den Zweck, den man verfolgt, nicht so viel aus, dass die Methode deshalb zu verwerfen wäre. Ausserdem enthalten diese verunreinigten Wässer auch gerade die meisten Chloride, und die Anwesenheit dieser erhöht bekanntlich nicht unerheblich das präcise Eintreten der Endreaction. Auch die störenden leicht zersetzlichen organischen Substanzen pflegen bei Trinkwässern mit hohem N_2O_5-Gehalt nur sparsam vorhanden zu sein; dagegen können sie in erheblicherer Weise die Methode beeinträchtigen, wenn es sich um geringe Mengen N_2O_5 handelt. Die Marx-Trommsdorf'sche Methode wird daher immerhin für manche Fälle ausreichen; wo sie nicht genügt, stehen uns aber andere, exactere Methoden hinreichend zu Gebote.

Schlechter steht es mit der Bestimmung der salpetrigen Säure. Das Feldhausen-Kubel'sche Verfahren zeigt die steten Mängel der Chamäleontitrirung, das Trommsdorf'sche die bekannten Ungenauigkeiten fast jeder colorimetrischen Methode. Dazu kommt, dass es sich hier fast stets um Bestimmung minimalster Mengen handelt; bei der Mehrzahl der untersuchten Trinkwässer fällt schon die qualitative Prüfung negativ aus, und wo dieselbe N_2O_3 nachweist, da fällt doch ihre Menge fast stets mit der Grösse der Fehlergrenze jener Methoden zusammen. Ferner hat Wibel neuerdings nachgewiesen, dass die Jodzinkstärkereaction auch noch durch andere im Trinkwasser vorkommende Verbindungen ausser der N_2O_3 hervorgerufen werden kann. In richtiger Erkenntniss dieser ent-

gegenstehenden Schwierigkeiten haben denn auch nur wenige Autoren eine quantitative Bestimmung der N_2O_3 versucht; meist finden wir nur den Reactionsgrad bei qualitativer Prüfung annähernd bezeichnet.

Nicht viel besser ist bisher eine genaue Ermittlung des NH_3-Gehalts der Wässer gelungen. Auch dieses kommt fast stets in sehr geringen Mengen vor; in vielen Städten lässt sich überhaupt kein NH_3 in den Brunnenwässern, selbst mit den so ausserordentlich feinen qualitativen Prüfungsmitteln nachweisen.

Die quantitativen Bestimmungsmethoden von Frankland-Armstrong und Miller sind colorimetrische Minimalbestimmungen und dadurch mit den für diese unvermeidlichen Mängeln behaftet; Fleck hat sie neuerdings als gänzlich unbrauchbar zurückzuweisen gesucht und an ihrer Stelle eine Titrirmethode eingeführt. Nach meinen Erfahrungen ist jedoch die Fleck'sche Methode nur geeignet für solche NH_3-Mengen, wie sie in den seltensten Fällen in Trinkwässern vorkommen; bei geringeren Quantitäten versagt sie, weil ihre Fehlergrenzen sehr bedeutend sind. Dadurch nämlich, dass der Hg-Niederschlag auf dem Filter wieder gelöst und dann aus diesem ausgewaschen werden muss, erhält man stets ein nicht unbedeutendes Flüssigkeitsquantum; ebenso aber ist es geboten, die SNa_2-Lösung stark verdünnt zu nehmen, um überhaupt hinreichende Excursionen bei der Titrirung zu bekommen. Dann aber wird das Eintreten der Endreaction so erschwert und der Verdünnungsfehler so gross, dass bei geringen NH_3-Mengen die Resultate völlig unbrauchbar werden. Für alle Fälle von geringem NH_3-Gehalt erscheint mir aus diesem Grunde die frühere colorimetrische Bestimmung noch passender; — jedenfalls können wir immer nur eine Schätzung, nicht eine exacte Bestimmung des NH_3-Gehaltes liefern.

Für eine Analyse der Zersetzungsproducte des N bliebe somit allein die N_2O_5, die uns durch sichere Methoden zugänglich wäre. Unstreitig hat diese bei den Trinkwasseruntersuchungen eine der bedeutendsten Rollen gespielt. Eine Menge von Autoren sind geneigt in ihrer Menge den exactesten Ausdruck für die Gefährlichkeit eines Trinkwassers zu sehen. — Und doch entschieden ohne genügende Berechtigung.

Es ist erstens feststehend, dass die salpetersauren Salze nicht als die Stoffe betrachtet werden dürfen, welche als solche die Entwicklung von Infectionsstoffen beeinflussen können. Die Furcht vor der Salpetersäure im Brunnenwasser ist freilich so weit gegangen, dass manche Aerzte und Chemiker in dieser selbst eine grosse Gefahr gesehen und sie fürchten gelehrt haben, einerlei welcher Quelle sie entstammt. Derartige Verirrungen bedürfen wohl keiner Widerlegung.

Zweitens kann die N_2O_5 auch nicht als ein geeigneter Repräsentant der Stadtlaugenbestandtheile angesehen werden, und zwar deshalb, weil sie einen Bruchtheil der N haltigen Bestandtheile ausmacht, dessen Grösse, je nachdem verschiedene, noch nicht näher gekannte Bedingungen zugegen sind, erheblich wechselt. Wir wissen, dass die N-haltigen Bestandtheile im Boden zum grossen Theil in NH_3 verwandelt werden, das theils absorbirt, theils noch weiter verändert wird, theils aber auch als $CO_3(NH_4)_2$ und $(NH_4)_2S$ sich verflüchtigt. Nach C. Schmidt's[1]) Berechnung kann dieser sich der Analyse entziehende Bruchtheil bis zu $^3/_4$ des Gesammtstickstoffs der Stadtlauge betragen. Je nach der Beschaffenheit des Bodens, dem Zutritt von O, der rascheren oder langsameren Fortbewegung, dem Vorhandensein von Basen, endlich der Zufuhr noch nicht näher gekannter Mikro-Organismen müssen diese Zersetzungen des N anders verlaufen und die Menge der ins Grundwasser übertretenden N_2O_5 eine andere werden. Würde die Bildung derselben lediglich von der Menge gewisser organisirter Fermente abhängen, so könnte man denken, in der N_2O_5 eines Wassers einen Maassstab dieser Keime zu sehen, und manche dürften vielleicht geneigt sein, daran die weitere Muthmassung zu knüpfen, dass unter dem Einfluss derselben Keime jene Zersetzungen von organischer Substanz vor sich gehen, an die das Vorkommen der Infectionskrankheiten gebunden ist. Abgesehen davon, dass der Process der Salpeterbildung jedenfalls nicht unter allen Bedingungen nur der Menge vorhandener Mikro-Organismen parallel läuft, muss dem gegenüber auf das Bestimmteste darauf hingewiesen werden, dass wir nach

1) C. Schmidt, die Wasserversorgung Dorpats Bd. I. Dorpat 1863. S. 174.

dem Stande unserer jetzigen Kenntnisse uns absolut keine Vorstellung machen können über das Wesen jener localen Eigenthümlichkeit, die einer zu Typhus disponirten Oertlichkeit anhaftet; wir wissen weder ob es sich dabei um ein Ferment, und noch weniger ob es sich um ein organisirtes Ferment handelt; die Identificirung des Typhusgiftes mit den activen Organismen der Salpeterbildung würde wieder nur durch einen jener Phantasiesprünge gelingen, die nicht fördernd, sondern hemmend auf die Wissenschaft wirken.

Von einem exacten Correspondiren mit der Menge der Jauchestoffe überhaupt, sei es nun der sogenannten hygienisch differenten oder der mehr indifferenten, kann nach dem oben Gesagten bei der N_2O_5 am allerwenigsten die Rede sein. So richtig es im Allgemeinen ist, aus der Menge von Zersetzungsproducten auf die Zersetzungsvorgänge selbst zu schliessen, so sicher ist eine solche Rechnung doch wiederum nur dann gestattet, wenn die Zersetzungsproducte vollständig, oder stets nur zum gleichen Bruchtheil gemessen werden können. Und das ist bei der N_2O_5 der Brunnenwässer entschieden nicht der Fall und dieselbe deshalb ungeeignet, um aus ihr auf die Menge des im Wasser und im umliegenden Boden vorhandenen Zersetzungsmaterials oder die Intensität gewisser Zersetzungsvorgänge zu schliessen.

N_2O_3 und NH_3 kommen wie erwähnt in vielen Trinkwässern gar nicht vor und zwar oft genug in solchen Orten, die stark von Epidemieen heimgesucht sind. Schon deshalb würden wir ihre quantitative Bestimmung zu weiteren Schlüssen nicht verwerthen können. Ausserdem aber unterliegen sie genau denselben Einwänden, die sich gegen die N_2O_5 erheben und werden daher auch von dem Endurtheil über diese mit betroffen.

Vergebliche Erwartungen hat man ferner von der Bestimmung des C resp. der CO_2 gehegt. Der C der organischen Substanz unterliegt auf seinem Wege ähnlichen Veränderungen wie der N: ein Theil wird stets zu CO_2 oxydirt werden, ein wie grosser Theil aber, ist nicht zu ermitteln, denn das Product, die CO_2 selbst erscheint weder vollständig im Grundwasser wieder, noch sind thierische Abfallsstoffe die einzige Quelle derselben; enthält ja doch jedes reinste Quellwasser CO_2 oft in beträchtlicher Menge.

Mit der CO_2 schliesst die Reihe der organischen Verbindungen ab, von deren Bestimmung eine Aufklärung über den hygienischen Werth eines Wassers erwartet wurde. Es bleiben jedoch noch eine Anzahl von anorganischen Bestandtheilen der Analyse übrig, in denen selbst zwar niemals die Basis eigenthümlicher, uns Gefahr drohender Processe zu suchen sein wird, die aber doch dadurch vielleicht ein hygienisches Interesse haben, dass sie besser als die veränderlichen und schwer bestimmbaren Abkömmlinge der organischen Substanz uns einen Ausdruck geben für die Menge der Jauchebestandtheile, die eine Localität für Infectionskrankheiten empfänglich machen.

Durch einen natürlichen Uebergang kommen wir von der CO_2 zunächst zum Ca. Man hat nämlich als ein weiteres Maass der CO_2 auch die Ca-Menge angesehen, die im Wasser an CO_2 gebunden erscheint, indem man von der Ansicht ausging, dass der Ca ausser als $CaCl_2$, $CaSO_4$ und $Ca(NO_3)_2$ nur in das Trinkwasser übergehen könne, in dem Maasse, als ihm CO_2 als lösendes Mittel zur Disposition stehe. Wir haben aber fast stets eine gewisse Menge freier CO_2 im Trinkwasser, und es erscheint dies sehr erklärlich, da selbstverständlich nicht unter allen Umständen genau so viel Ca-Salze des Bodens zersetzt werden können, als CO_2 producirt und ins Wasser übergeführt wird. Wäre aber auch dies der Fall, so hätten wir damit doch wieder nur ein indirectes Maass der CO_2 und die gefundenen Werthe würden denselben Bedenken begegnen, die vorhin schon gegen die Bestimmung der CO_2 erhoben sind.

Man hat auch oft für die CO_2, die an Ca und Mg gebunden war, eine gemeinsame analytische Methode gewählt, in der Bestimmung der „vorübergehenden Härte“ des Wassers; abgesehen von der erwiesenen Ungenauigkeit der Seifetitrirungen geht aus dem Gesagten zur Genüge hervor, dass für die hygienischen Fragen mit der Aufstellung dieser Grösse nichts gedient ist.

Einige haben auch die kohlensauren Erden und Alkalien in summa durch Titriren mit Schwefelsäure unter Zusatz von Carminsäure als Indicator zu bestimmen gesucht; es ist schwer einzusehen, welche chemische und hygienische Gesichtspunkte zu der Anwen-

dung dieser und ähnlicher Methoden, die aber auch nur in wenigen Untersuchungsreihen benutzt sind, Anlass gegeben haben.

Die leichte und sichere Ausführbarkeit der gewichtsanalytischen Bestimmung von Ca und Mg würde es vortheilhaft erscheinen lassen, wenn man in ihnen ein Maass der Wasserverunreinigung mit Stadtlauge besässe. Dies ist aber für den Ca namentlich nicht der Fall, da er überall im Boden verbreitet ist und vom Wasser ausgelaugt wird; ebenso nicht für Mg, obwohl diese schon seltener einen Bestandtheil der oberflächlichen Erdschichten ausmacht und in verhältnissmässig grossen Mengen durch thierische Abfallsstoffe dem Boden und Wasser zugeführt wird. C. Schmidt[1]) hat versucht aus dem Verhältniss zwischen Ca und Mg Schlüsse zu ziehen auf die Verunreinigung des Bodens durch Stadtlauge; jedoch konnten diese selbstverständlich nur mehr qualitativ ausfallen, d. h. sie konnten „eine Küchenchronik seiner Umwohner liefern etc.“. Zu weiteren Schlüssen sind die angestellten Vergleichungen nicht zu verwerthen; selbst Schmidt's Deutungen sind nicht so unbedingt statthaft, weil er die Beeinflussung eines Brunnenwassers von seiner Umgebung überall in gleicher Weise vor sich gehen lässt und den grossen Differenzen, die hier in Wirklichkeit statthaben, keine Rechnung trägt.

Seltener als die Erden sind die Alkalien in den Trinkwässern bestimmt. Der Grund liegt in der Umständlichkeit ihrer gewichtsanalytischen Bestimmungsmethoden. Wo diese ausgeführt sind, vervollständigen sie das chemische Bild eines Wassers, können aber ebenfalls nicht als charakteristisch für eine Verunreinigung des Wassers mit Stadtlauge angesehen werden. Die qualitativen Schlüsse, die C. Schmidt[2]) aus dem Verhältniss zwischen Kali und Natron zieht und gegen die ähnliche Einwendungen stichhaltig sind, wie gegen seine Schlüsse aus dem Verhältniss der Erden, lauten: „Je mehr die menschliche Bevölkerung eines Grundstückes überwiegt, desto natronreicher, je vorherrschender die vierbeinigen Herbivoren, desto kalireicher wird die Brunnenlauge.“

1) l. c. pag. 171.
2) l. c. pag. 169.

Von den gewöhnlich untersuchten Bestandtheilen des Trinkwassers bleiben uns somit nur noch die Säuren und zwar P_2O_5 und SO_3 und Cl übrig, von denen wir hoffen können, dass ihre Bestimmung uns ein Kriterium der Wasserbeschaffenheit an die Hand giebt. Alle drei bieten leicht und sicher auszuführende Methoden. Zunächst ist jedoch die P_2O_5 sogleich als für unseren Zweck unbrauchbar auszuschliessen, da die ausserordentliche Absorptionsfähigkeit des Bodens für P_2O_5 ihren Uebertritt in das Grundwasser fast völlig verhindert, so dass nur selten selbst die verunreinigtesten Brunnen nachweisbare Mengen davon enthalten.

Die SO_3 scheint weit eher Beachtung zu verdienen. Wir wissen, dass sie vom Boden nicht absorbirt wird. Aber sie zeigt unerwünschte Complicationen in der Art ihrer Abstammung. Zum Theil verdankt sie in städtischen Brunnen sicher ihre Anwesenheit der Verunreinigung durch thierische Abfallsstoffe; dann aber kann sie entweder aus den präformirten Sulfaten der Excremente und Abfallwässer stammen oder aber — wenn auch zum kleineren Theil — aus dem S-Gehalt organischer Verbindungen. Wie viel von diesem in der Form von SO_3 erscheint, hängt wiederum von den verschiedenartigsten localen Einflüssen ab und ist für uns eine unbekannte Grösse.

Zum anderen Theil stammt abèr die SO_3 häufig genug auch aus den Gesteinsarten des Bodens. Besonders $CaSO_4$-Lager bilden so häufig den Untergrund von Städten, dass wir in den Trinkwässern oft eine enorme dadurch bedingte „permanente Härte" constatiren können. Man könnte denken, dass die von thierischen Immunditien abstammende SO_3 charakterisirt sein müsste durch ihre Bindung an Alkalien; dies ist jedoch kein stichhaltiges Merkmal, da kohlensaure Alkalien, wie sie in der Stadtlauge enthalten sein müssen, mit vom Boden gelieferten $CaSO_4$ sich zu kohlensaurem Kalk und schwefelsaurem Alkali umsetzen.

Wenn demnach also auch P_2O_5 und SO_3 bei den Bestrebungen eine für die hygienische Werthschätzung eines Trinkwassers brauchbare Unterlage zu gewinnen, im Stiche lassen, so bleibt man allein noch auf das Cl angewiesen, von dem man hoffen könnte, dass es den gestellten Anforderungen entspricht. Dies ist nun in der That

weit mehr der Fall, als bei allen bisher besprochenen Bestandtheilen. Von einer chemischen Verbindung, die uns als Repräsentant der charakteristischen Abfallsstoffe dienen soll, verlangen wir, dass dieselbe folgenden Bedingungen genügt: 1) muss dieselbe durch eine exacte Methode leicht zu bestimmen sein; 2) darf dieselbe nicht in irgend erheblicher Menge in den Bodenschichten vorkommen, die das Grundwasser durchfliesst; 3) muss dieselbe in ihrer gesammten Menge mit der übrigen Stadtlauge in das Grundwasser übertreten, ohne auf ihrem Wege durch den Boden Einbusse oder Veränderungen zu erleiden.

Der ersten Bedingung ist durch die gewichtsanalytische, wie durch die Titrirmethode zur Genüge entsprochen; ohne weiteres kann auch die dritte Forderung als erfüllt angesehen werden, denn wir wissen aus zahlreichen Filtrationsversuchen, dass die Chloride vollkommen unzersetzt und in fast unveränderter Menge jede Bodenart wieder verlassen. (Vergl. auch Schmidt S. 173.)

Dagegen scheint es, als ob die zweite Bedingung häufig nicht erfüllt würde. Wir wissen, dass der grösste Theil des von uns bewohnten Landes früher vom Meere occupirtes Terrain war; wir wissen ferner, dass der ganze enorme Salzgehalt des Meeres und der Binnenmeere aus den Chloriden stammt, die reines Wasser aus den Gesteinsarten gelöst hat; wir kennen ferner an vielen Stellen Salzquellen mit starkem Cl-Gehalt; grosse Steinsalzlager sind an vielen Orten aufgeschlossen, während noch manche andere unentdeckt unter der Oberfläche ruhen werden — da erscheint es vielleicht gewagt zu behaupten, dass der Cl-Gehalt unserer Trinkwässer lediglich von den thierischen Abfällen abstamme. Und dennoch hat eine solche Behauptung ihre volle Berechtigung. Denn wenn man die bekannt gewordenen Analysen von Quell- und vor allem von reinem, nicht mit Stadtlauge inficirtem Grundwasser betrachtet, so findet man nirgends einen Cl-Gehalt verzeichnet, der nur irgend erheblich genug wäre, um den Cl-Mengen gegenüber ins Gewicht zu fallen, die wir stets in verunreinigtem Brunnenwasser finden. Eine Ausnahme machen nur unmittelbar am Meere gelegene Städte wie Amsterdam, Königsberg. Dieser minimale Cl-Gehalt des gewöhnlichen Grundwassers wird verständlich, wenn

man erwägt, dass das Cl stets entweder in sehr leicht löslicher Form, als Chloralkali, oder in sehr schwer zersetzlichen zusammengesetzten Gesteinen vorkommt, von denen es dann immer nur einen unwesentlichen Bruchtheil ausmacht. In den oberflächlichen Bodenschichten, die seit Jahrtausenden dem Einfluss des durchsickernden Regenwassers und des sich bewegenden Grundwassers ausgesetzt gewesen sind, können wir unmöglich mehr Chloralkalien antreffen. Finden sich aber in diesen Schichten Clhaltige Gesteine, deren Cl-Gehalt diesem Jahrtausende fortgesetzten Auswaschen Stand gehalten hat, so muss die Menge, die in der Zeiteinheit an das Wasser abgegeben wird, eine ausserordentlich geringe sein, und nicht vergleichbar mit derjenigen, die aus den Abfallsstoffen des menschlichen Haushalts hinzukommt. Der ausserordentlich geringe Cl-Gehalt der Pflanzen ist diesem geringfügigen Cl-Gehalt des Bodens entsprechend; und nur das künstlich oder an besonders geeigneten Localitäten natürlich gewonnene Kochsalz, das der vegetabilischen Nahrung zugefügt wird und einige andere Cl-haltige Substanzen, die der gewerbtreibende Mensch benutzt, können in den Boden Cl-Mengen hineinbringen, die in grösserer Menge vom durchfliessenden Wasser aufgenommen werden und analytisch leicht bestimmbare Werthe darstellen.

In der Bestimmung des Cl-Gehalts der Trinkwässer scheint demnach für die weitaus meisten Fälle ein Mittel gegeben, um über den Grad der Verunreinigung des Grundwassers mit Stadtlaugenstoffen Kenntniss zu erhalten. Dies zugestanden haben wir dann andererseits in dieser Bestimmung auch einen neuen Weg, um nachträglich zu prüfen, ob die Einwendungen berechtigt sind, die gegen eine Verwerthung der Zahlen für die übrigen Trinkwasserbestandtheile im gleichen Sinne erhoben sind. Es liegt nämlich auf der Hand, dass, wenn diese von derselben Ursache abhängen wie das Cl, d. h. lediglich von dem Grade der Verunreinigung durch Abfallsstoffe, dann auch die in verschiedenen Wässern gefundenen Zahlen für diese Stoffe denselben Schwankungen unterliegen müssen, wie die Werthe für Cl, wenn nur die Zusammensetzung der zutretenden Stadtlauge im grossen Ganzen an verschiedenen Orten eine ähnliche ist. Diese Bedingung der gleichmässigen

Beschaffenheit der Stadtlauge scheint allerdings auf den ersten Blick unmöglich erfüllt zu sein. Je nach den Lebensgewohnheiten der Bewohner, je nach dem Thiere oder Menschen mehr an der Production der Abfallsstoffe betheiligt sind, wird die Stadtlauge örtlich charakterisirt sein, wie ja auch C. Schmidt dies aufs Deutlichste nachzuweisen vermocht hat.

Dennoch aber findet man sehr häufig, dass, wenn von mehreren Wässern ein und desselben Terrains, wo also gleiche Bodenverhältnisse etc. anzunehmen sind, die Werthe vom Cl, festen Bestandtheilen, Salpetersäure zusammengestellt werden, dieselben gleichen Schwankungen unterliegen.

Dies deutet entschieden darauf hin, dass die verunreinigenden Zuflüsse dieser verschiedenen Brunnen gleiche Zusammensetzung gehabt haben, gleichen Einflüssen im Boden ausgesetzt gewesen sind und deshalb stets entsprechende Werthe jener beigemengten Stoffe zeigen mussten.

Dann aber finden sich wieder grosse Reihen von Zahlen, die die eben nachgewiesene Correspondenz nicht zeigen und wo jede derartige Aehnlichkeit aufhört[1]). Es ist nun gewiss nicht anzunehmen, dass im Bereich dieser Brunnen die Lebensgewohnheiten der Bewohner so verschieden sind, dass dadurch die ursprüngliche verunreinigende Stadtlauge eine so ganz andere Zusammensetzung erhält; sondern viel näher liegt die Deutung, dass die chemisch und physikalisch verschiedene Bodenbeschaffenheit das Wasser der verschiedenen Orte beeinflusst hat; von solchen Einflüssen werden, wie wir oben gezeigt haben, alle anderen Bestandtheile mit Ausnahme des Cl leicht betroffen und es ist selbstverständlich, dass alsdann die Werthe für Cl andere Schwankungen zeigen müssen, als die Zahlen für jene Bestandtheile, die nicht unter allen Umständen nur von der Menge der zugetretenen Verunreinigung abhängen.

---

1) Vgl. die Zahlenvergleichungen von Reich, Die Salpetersäure im Brunnenwasser. Berlin 1869. — C. Schmidt l. c. — Finkelnburg, Corresp. d. niederrh. Ver. f. öff. Ges. Bd. II.

Immerhin liegt in diesen vergleichenden Zahlen wenig Ueberzeugendes. Wir können indess ein besser beweisendes Verfahren zu einer nachträglichen Prüfung des hygienischen Werthes der einzelnen Wasseranalysen einschlagen, wenn wir das Verhältniss in Betracht ziehen, das zwischen Cl und den übrigen chemischen Verbindungen eines Trinkwassers besteht. Dies Verhältniss lässt sich nach dem Durchschnitt sehr vieler Einzelanalysen für eine bestimmte Localität feststellen; alsdann müssen besondere Abweichungen in der Beschaffenheit der zufliessenden Stadtlauge gegenüber der Majorität von durchschnittlicher Zusammensetzung verschwinden; und da das Verhältniss zwischen den einzelnen wirklichen Repräsentanten der Stadtlauge sich nicht ändern kann, wenn dieselben auch noch so sehr mit Wasser und anderen Stoffen verdünnt werden, so lange sie nur selbst vollständig in das Wasser übergehen und in diesem nicht ihres Gleichen zugeführt bekommen, so muss annähernd die gleiche Relation zwischen Cl und anderen geeigneten Bestandtheilen allerorten nachgewiesen werden können.

Vergleicht man demgemäss z. B. die Resultate der beliebtesten Untersuchungsmethode, der N_2O_5-Bestimmung, mit dem Cl, so ergiebt sich folgendes: Das Verhältniss von Cl : N_2O_5 im Harn ist etwa wie 1 : 6, wenn man den N-Gehalt des Harns auf N_2O_5 berechnet; und in der versitzenden Stadtlauge, die noch die Cl-reichen und N-armen Küchenabwässer und einen Theil der Cl-armen und N-reichen festen Excremente enthält, wird dasselbe sich ungefähr ähnlich stellen; in den Brunnenwässern der verschiedenen Städte dagegen finden wir dies Verhältniss völlig verändert; nicht aber an allen Orten in gleicher Weise, sondern so, dass sich fast überall durchaus verschiedene Relationen ergeben.

Die Tabelle auf folgender Seite liefert einige Beispiele.

Noch grössere Differenzen findet man, wenn die Summe der festen Bestandtheile, die organischen Substanzen, die Schwefelsäure an die Stelle der N_2O_5 gesetzt werden. Die Einwände, die gegen die Anerkennung aller dieser Verbindungen als Repräsentanten der Stadtlaugenstoffe erhoben sind, werden dadurch im vollsten Umfang bestätigt.

	Zahl der untersuchten Brunnen	Durchschnittlicher Gehalt an Cl in milligr.	Durchschnittlicher Gehalt an N_2O_5 in milligr.	Verhältniss von Cl : N_2O_5, Cl = 100
Prag[1]	28	145	265	100 : 183
Dorpat[2]	125	112	192	100 : 171
Leipzig[3]	101	156	149	100 : 95.5
Berlin[4]	25	122	112	100 : 92
Hannover[5]	78	158.5	128.3	100 : 81
Breslau[6]	44	102	75.6	100 . 74
Coblenz[7]	56	94.6	27.7	100 : 29.3

Neben der chemischen Analyse der Trinkwässer ist in den letzten Jahren noch eine andere Untersuchungsmethode ausgebildet worden, von der man sich grossen Erfolg versprochen hat, und die in mannigfacher Weise variirt ist, nämlich die mikroskopische Prüfung des Wassers. Von Dr. O. Harz[8]) sind neuerdings alle früheren Versuche, auf solche Weise Grundlagen zur Beurtheilung eines Trinkwassers zu beschaffen, einer eingehenden Kritik unterzogen, und die früher gern gezogenen Schlüsse in die richtigen Grenzen gewiesen worden. Harz selbst hat dann ein neues Verfahren der mikroskopischen Untersuchung vorgeschlagen, und zwar will er eine annähernde Schätzung der Güte eines Wassers dadurch ermitteln, dass er die Menge niederer Organismen misst, die sich in einer Wasserprobe entwickeln können; aus dieser macht er alsdann einen Rückschluss auf die in dem Wasser vorhanden gewesene Menge zersetzlicher, durch jene lebendigen Keime assimilirbarer organischer Substanz. Die Untersuchungen sollen jedoch nach Harz's Vorschlage Monate lang und selbst Jahre fortgesetzt und nur zum Zweck einer näheren Erkenntniss der Infectionskrank-

1) Popper, Die Wasserversorgung etc. Prag 1877.
2) C. Schmidt l. c.
3) O. Bach, Die Brunnenwässer Leipzigs, Lpg. 1874, und eigene Untersuchungen.
4) Reich l. c.
5) Bericht über die öffentlichen und Schulbrunnen von Hannover. Hann. 1878.
6) Fuchs, Breslau's Trinkw. Breslau 1877.
7) Zwick, Correspond. d. niederrhein. Ver. f. öff. Ges. Bd. III.
8) O. Harz, Zeitschr. f. Biologie Bd. XII. S. 1.

heiten angestellt werden; keineswegs soll aus dem einzelnen Befunde auf die hygienische Gefährlichkeit eines Wassers zu schliessen gestattet sein.

Diese vorsichtige Zurückhaltung Harz's ist eine völlig berechtigte. Die Resultate der von ihm vorgeschlagenen Methode würden von der grössten Bedeutung sein, wenn wir durch dieselbe entweder den Infectionskeim selbst oder ein Maass jener organischen Stoffe kennen lernten, die die locale Disposition vollenden helfen; aber wir sind weder über die Natur des einen noch der anderen so weit orientirt, dass daran zu denken wäre, mit unseren jetzigen Hilfsmitteln diese selbst zu erkennen; vielleicht gelangen beide auch mittelst der Harz'schen Methode gar nicht zu unserer Beobachtung; vielleicht gelingt es auf diesem Wege einige Schritte in der Erkenntniss der Aetiologie der Infectionskrankheiten weiter zu thun, dann aber jedenfalls nur durch eine methodische Anwendung, wie sie Harz vorgeschlagen hat und wie sie weiter unten noch eingehend besprochen werden wird.

Aus den vorstehenden Auseinandersetzungen scheint hervorzugehen, dass zwar viele der bisher angestellten Trinkwasseruntersuchungen nicht den gehegten Erwartungen entsprochen haben, weil die angewandten Methoden nicht die Aufschlüsse geben konnten, die, verschieden je nach der Anschauung des Einzelnen, über den Zusammenhang zwischen Infectionskrankheiten und Trinkwasser von den Beobachtern verlangt wurden; dass aber doch in der Cl-Bestimmung eine gewisse Grundlage für die Beurtheilung eines Trinkwassers gegeben ist.

Jedoch ist dies erzielte Resultat nicht gleichwerthig für die Vertreter der verschiedenen Theorieen.

Diejenigen, welche eine Verbreitung des Typhuscontagiums durch Wasserleitungen etc. für häufig halten, werden in dem Cl-Nachweis ein Warnungszeichen zu erblicken haben, weil es ihnen die Verunreinigung mit Dejectionen und vielleicht auch mit contagiösen wahrscheinlich macht; da aber Cl das Contagium nicht zu begleiten braucht, vielmehr auch schon Ausdünstungen etc. ein

Wasser inficiren können, so müssen die Vertreter dieser Anschauung die Cl-Bestimmung als wirklich brauchbares Kriterium dennoch verwerfen, und dürfen nur den Nachweis des Typhuscontagiums selbst als entscheidend für die Gefährlichkeit eines Wassers ansehen.

Lässt man die Verbreitung des Contagiums von Brunnen ausgehen, so hat man in der Cl-Bestimmung ein Mittel, um den Zusammenhang des Brunnens mit Grubeninhalt, der in diesem Falle Bedingung ist, nachzuweisen. Der qualitative Befund nützt aber hier nichts, denn ein solcher ist auf bewohntem Terrain bei allen Brunnen mehr oder weniger zu erwarten. Dagegen soll durch die quantitative Bestimmung die Intensität des Verkehrs zwischen Abortsgruben und Brunnen gemessen werden. Da der Verkehr durch Vermittlung des Bodens erfolgt, so heisst dies nichts anderes, als dass man durch den Cl-Gehalt des Wassers den Grad der Durchtränkung des nächstliegenden Erdreichs mit Jauchestoffen oder die Menge der von einer Grube in den Boden ausgetretenen Stadtlauge messen will. Dieser Schluss ist derselbe, den auch die Bodentheorie macht, die unten weiter erörtert und bei der die Frage eingehend behandelt werden wird, ob ein solcher Schluss statthaft ist.

Drittens bekommen diejenigen, für welche die locale Ursache des Typhus in gewissen organischen Stoffen des Wassers liegt, durch die Cl-Untersuchungen nur einen schwachen Nothbehelf für die Beurtheilung der Gefährlichkeit eines Trinkwassers. Ich habe im Vorausgehenden zu zeigen versucht, dass gerade die organischen Elemente der Stadtlauge auf ihrem Wege bis zum Wasser die eingreifendsten Veränderungen und Verluste erleiden, während das Cl in seiner ursprünglichen Menge im Brunnen wiedererscheint; folglich hat man in der Cl-Bestimmung auch nur ein trügerisches Maass der organischen Stoffe und organisirten Keime. Ein Wasser kann einen sehr hohen Cl-Gehalt zeigen, aber dabei lediglich Mineralbestandtheile führen, weil der gesammte C und N auf dem Wege zum Wasser die günstigsten Bedingungen gefunden hat, die eine vollständige Oxydation zu CO_2 und N_2O_5 veranlasst und damit auch der Entwicklung organisirter Fermente bis zu einem gewissen Grade den Boden entzogen haben; und ein anderes Wasser kann

relativ wenig Cl zeigen, muss aber dennoch im Sinne jener Anschauung als gefährlich gelten, weil es verhältnissmässig überladen sein kann gerade mit jenen Stoffen und Keimen, die eine Infection veranlassen und die in diesem Falle auf dem Wege bis zum Wasser nicht die Bedingungen vorgefunden haben, die zu ihrer Zerstörung erforderlich sind.

Weit wichtigere Anhaltspunkte zur Beurtheilung einer Localität scheint aber die Cl-Bestimmung im Trinkwasser zu geben, wenn man die Ansicht vertritt, dass für das Zustandekommen einer Infection die Mitwirkung eines vom Boden ausgehenden Einflusses nöthig ist. Fussend auf dem allseitig anerkannten Grundsatze, dass dieser Einfluss des Bodens sich nur dann zeigt, wenn eine Imprägnirung des Erdreichs mit menschlichen Abfallsstoffen erfolgt ist, und ausgehend von der Annahme, dass mit der Menge des im Boden vorhandenen Zersetzungsmaterials sich die Disposition desselben zur Verbreitung einer Infection steigere, mussten die Vertreter der Bodentheorie nach einem Maass suchen, das ihnen den Grad der Bodenverunreinigung mit Stadtlauge anzeigte. Dies Maass scheint nun in völlig zweckentsprechender Weise in der Cl-Bestimmung des Brunnenwassers gegeben und damit die Möglichkeit geboten zu sein, eine Localität als gefährdet zu erkennen, mag nun der Einfluss der vom verunreinigtem Boden ausgeht, sich auf dem Wege des Wassers oder der Luft dem Menschen mittheilen.

Stete Voraussetzung ist aber, dass die Bestimmung der Verunreinigung im Wasser des Brunnens auch einen exacten Ausdruck giebt für die Menge von Verunreinigung, die in den Boden der betreffenden Localität eingedrungen ist; ohne Erfüllung dieser Voraussetzung lässt auch die Cl-Bestimmung als Maassstab der Bodenverunreinigung völlig im Stiche.

Einige oberflächliche Erwägungen werden zeigen, dass es durchaus nöthig ist, die Berechtigung dieser Voraussetzung näher zu erörtern.

Nimmt man nämlich an, dass die procentische Verunreinigung des Wassers stets der Menge von differenten Stoffen selbst entspricht, die hineingelangen, so ist dies nur dann möglich, wenn

die Wassermasse, die die Verunreinigung aufnimmt, constant bleibt und nur die Masse der Verunreinigung variabel.

Nun ist es aber klar, dass es sich hier um zwei veränderliche Grössen handelt. Das procentische Verhältniss der Wasserverunreinigung kann sich eben so wohl ändern, wenn die Menge der eintretenden Verunreinigung gleich bleibt, aber die aufnehmende Wassermasse verschieden gross ist.

Bei einem Beispiel, das mehr am Tage liegt, wird ein Jeder die Bedeutung der hier zur Geltung kommenden Verhältnisse sofort erkennen. Von zwei Fabriken, die gleiche Mengen gleich dunkel gefärbter Abwässer produciren, möge die eine dieselben in einen grossen rasch fliessenden Strom, die andere in ein flaches, teichartig stagnirendes Gewässer mit kärglichem Abfluss sich ergiessen lassen. Zeigt nun der mächtige Strom nur eine schwache Tingirung, der Teich dagegen eine tief dunkele Farbe, so wird es hier doch gewiss Niemandem einfallen zu sagen: folglich producirt die eine Fabrik sehr wenig, die andere sehr viel jener Abwässer.

Aehnliche Differenzen, wie zwischen raschem Strom und langsamem Fliessen finden wir aber auch gewiss beim Grundwasser in verschiedenem Boden.

Ferner: gesetzt auch, die Fabriken lägen an Flüssen von ziemlich gleicher Beschaffenheit und man wollte nun Proben des Wassers mit Saugpumpen entnehmen, um aus der Intensität der Färbung auf die Menge der Abgänge zu schliessen, so würde man sich gewiss nicht einfallen lassen, das eine Mal das Saugrohr ganz nahe der Einflussstelle der Abwässer und nur sehr oberflächlich einzusenken, das andere Mal dagegen sehr tief und am entfernten Rande des Flusses, sondern würde möglichst gleiche Bedingungen für beide Pumpen herzustellen suchen.

Unsere Brunnen sind nun in der allerverschiedensten Weise in das Grundwasser eingelassen; es liegt auf der Hand, dass wir schon deshalb nicht vergleichsfähige Zahlen bekommen können, aus denen sich das Maass von Verunreinigung des einzelnen Ortes erschliessen lässt.

Solche oberflächliche Betrachtungen lassen deutlich erkennen, dass die Frage nach dem Parallelismus zwischen Brunnen- und

Bodenbeschaffenheit zusammenfallen wird mit der Frage, von welchen Factoren und in welchem Grade die Zusammensetzung eines Brunnenwassers beeinflusst wird. Da die mitwirkenden Einflüsse aber wesentlich in physikalischen Verschiedenheiten des Bodens, im Verhalten der Grundwasserbewegung, in den verschiedenartigen Anlagen der Brunnen etc. beruhen werden; da aber andererseits alle diese Verhältnisse noch ausserordentlich ungenügend gekannt sind: so werde ich mich im Folgenden wesentlich darauf beschränken müssen, jene verschiedenen Factoren nur möglichst zu isoliren und die Bedeutung der einzelnen annähernd zu schätzen. Es wird sich zeigen, dass schon eine solche Untersuchung, wenn sie auch häufig der exacten quantitativen Bestimmung entbehrt, hinreichend Mittel an die Hand giebt, um die oben gestellte Frage in dem Sinne zu entscheiden, dass wir durchaus nicht berechtigt sind, in der Beschaffenheit eines Brunnenwassers ohne Weiteres einen Ausdruck für die Beschaffenheit des umliegenden Bodens zu sehen.

Zu diesen Untersuchungen über die Abhängigkeit der Zusammensetzung der Brunnenwässer von allgemeinen äusseren Einflüssen, die alle Bestandtheile derselben gleichmässig betreffen, fand ich ein geeignetes Versuchsfeld in unmittelbarer Nähe Leipzigs. Der nordöstlich von dieser Stadt gelegene Vorort Neu-Schönefeld erstreckt sich längs eines seichten Abhangs, der langsam und regelmässig gegen den Rietschkebach abfällt. Die Strassen des Ortes laufen im Ganzen diesem Bach parallel; die zunächst dem Bache gelegenen Strassen bilden den ältesten Theil des Ortes; je weiter man vom Rietschkebach ansteigt, um so neuer werden die Häuser; in der letzten, nördlich von freiem Felde begrenzten Reihe sind viele erst kürzlich bezogen, einige noch im Bau. Eine zweite Neigung des Terrains entlang dem Gefälle des Rietschkebaches ist unregelmässig und kann als zu geringfügig vernachlässigt werden.

Der oberflächliche Boden besteht durchweg aus diluvialem Schwemmland; die obersten Schichten führen feinkörnigen, etwas lehmhaltigen Sand. Häufig sieht man an Baugruben in wechselnder Tiefe eingelagerte, undurchlässige Lehmschichten, von verschie-

dener Mächtigkeit, aber meist von geringer horizontaler Ausdehnung. Im Ganzen ist diese oberflächliche Schicht zwar porös, aber gegenüber allem gröberen Sand- und Geröllboden von ausserordentlich dichtem Gefüge. In einer Tiefe von 1—3 m. folgt eine Schicht gröberen Sandes, der ebenfalls nicht frei ist von lehmigen Beimengungen, häufig aber sich mit gröberem Kies vermischt zeigt. Stellenweise wird letzterer entschieden vorherrschend, entbehrt aber auch dann nicht eines lehmigen Bindemittels. Erst in grösserer Tiefe, die von den meisten Brunnen nicht erreicht wird, findet sich lockerer grober Kies. Die unter diesem lagernde undurchlässige Thonschicht wird beim Graben selbst sehr tiefer Brunnen nicht erbohrt. Das Grundwasserniveau bewegt sich innerhalb der zweiten, aus grobem Sande bestehenden Schicht.

Das Terrain von Neu-Schönefeld ist ziemlich gleichmässig bebaut mit 2- bis 3stöckigen einander sehr ähnlichen Häusern, deren Bewohner meist Arbeiter sind, die tagsüber ihre Beschäftigung in Leipziger Fabriken finden. Der grössere Theil der Ortschaft hat Abzugskanäle für die Küchenwässer; jedoch sind die Eingüsse im Hofraum stets mit Schlammfängen von grossen Dimensionen versehen; ebensolche finden sich an der Einmündungsstelle in den Kanal, so dass nur in seltenen Fällen, bei grösserem Wasserconsum ein sichtbares Fliessen in diesen Kanälen zu bemerken ist. Die Sammlung der Excremente erfolgt in den üblichen Gruben; dieselben sind trotz der ursprünglich soliden Bauart durchweg als undicht zu bezeichnen. Fast jedes Haus hat seinen Brunnen im Hofraum; letzterer ist mit Rücksicht auf die Kostspieligkait des Baugrundes sehr klein und enthält in diesem kleinen Raum stets nahe bei einander ein bis zwei Schlammfänge mit fortwährend stagnirendem Küchenwasser, die Abortsgrube und den Brunnen. Nur einige wenige öffentliche Brunnen sind an der Strasse resp. auf freien Plätzen belegen.

Im Gegensatz zu diesem Versuchsfelde mit besonders dichtem Boden hatte ich im Westen von Leipzig, im Vorort Lindenau, ein anderes Terrain mit Boden von lockerem Gefüge zur Disposition, dessen Verhältnisse mir schon durch eine Untersuchung bekannt waren, die Prof. Hofmann früher durch Dr. Woroschiloff hatte

anstellen lassen und deren Resultate mir bereitwilligst zur Benutzung überwiesen wurden. Auch in Lindenau fällt das beobachtete Terrain allmählich gegen einen Bach zu ab, setzt sich aber von geringer Tiefe an aus durchaus lockerem Kies zusammen. Ebenso sind dort die Häuserreihen parallel dem Bache gebaut; nur sind die tiefstgelegenen gerade die letztgebauten und jüngstbewohnten Häuser. Im Uebrigen sind die Verhältnisse denen in Neu-Schönefeld durchaus ähnlich.

Ich nahm nun zunächst eine oberflächliche Untersuchung fast sämmtlicher Brunnen vor und constatirte, dass der Untergrund und das Grundwasser der beiden Versuchsfelder alle Stufen der Verunreinigung mit Immunditien von dem geringsten bis zum stärksten Grade zeigten. Um so besser musste sich das ausgewählte Terrain zu der Untersuchung der Frage eignen, von welchen Factoren der Grad dieser Verunreinigung abhängt.

Nach weiteren Versuchen vermochte ich festzustellen, dass diese Factoren sich zusammensetzen: Erstens aus Einflüssen der Bodenbeschaffenheit. Hier kann die Durchlässigkeit des Bodens, die Bewegung des Grundwassers, die Neigung des Terrains resp. der wasserundurchlässigen Schicht in Betracht kommen. Zweitens können dann in der speciellen Localität des einzelnen Brunnens Verhältnisse gegeben sein, die auf den Grad der Verunreinigung des Wassers einwirken. Hier ist es vor Allem die grössere oder geringere Nähe der Abort- und Versitzgruben, dann die Dauer der Bewohnung des betreffenden Ortes, die Brunnentiefe und endlich die Nähe von Zuflüssen und Verunreinigungen besonderer Art, die eine nähere Betrachtung verdienen. Zu diesen dauernd einwirkenden Factoren gesellen sich aber dann noch eine Reihe solcher, die nur periodisch in Wirksamkeit treten. Als solche gehören vor Allem der Wechsel der meteorischen Niederschläge, das Steigen und Fallen des Grundwassers und der Grad der Benutzung eines Brunnens in den Kreis unserer Erörterungen.

Durchlässigkeit des Bodens, Neigung des Terrains und Grundwasserbewegung hängen so innig unter einander zusammen, dass sie am besten gemeinsam besprochen werden.

Unter Durchlässigkeit des Bodens darf nicht etwa die Porosität desselben verstanden werden. Die letztere repräsentirt nur die

Summe der Zwischenräume eines Bodens, ohne deren Grösse zu berücksichtigen; die Durchlässigkeit eines Bodens für Wasser und Luft ist dagegen im Wesentlichen nur abhängig von der Grösse der Poren. Auch über die Grade, die in dieser Beziehung in den verschiedenen Bodensorten möglich sind, liegen noch wenig Untersuchungen vor; aus diesen hat sich aber bereits mit Gewissheit das Resultat ergeben, dass die hervortretenden Differenzen ausserordentlich bedeutend sind.

Das Verhalten der Extreme, einmal des fast gänzlich undurchlässigen feinsten Quarzstaubes und des Thons, andererseits des leicht durchlassenden groben Sandes und Kieses ist bereits von Orth[1]) hervorgehoben worden; einige quantitative Bestimmungen hat Fleck[2]) ausgeführt. Er fand, dass Sand vom rechten Elbufer pro Stunde 278 ccm. Wasser durchliess, lehmhaltiger Kies dagegen 501 ccm. (bei 1 □cm. Fläche, 204 mm. Schichthöhe und 260 mm. Wasserdruck). Reinhard[3]) constatirte durch ähnliche Versuche die Durchlässigkeit für Lehm : Kies : Sand wie 1 : 90 : 500. Für die Kenntniss der Vorgänge im Boden ist uns eine genauere Feststellung des physikalischen Verhaltens desselben unerlässlich und es wird noch vieler Untersuchungsreihen bedürfen, bis wir die verschiedenen möglichen Bedingungen der Luft- und Wasserströmung im Boden so vollständig beherrschen, dass wir daraus Art und Maass der Zersetzungsvorgänge abzuleiten vermögen.

Für die Zwecke der vorliegenden Untersuchung mögen vorläufig einige Zahlen genügen, welche ich einer grösseren Versuchsreihe, mit der ich gegenwärtig noch beschäftigt bin und die einen Beitrag zur Kenntniss der physikalischen Bodenverhältnisse liefern soll, vorläufig entnehme. Es werden damit wenigstens etwas erweiterte Unterlagen für die Beurtheilung der verschiedenen Durchlässigkeit des Bodens an die Hand gegeben, soweit diese für eine Vorstellung von der Art der Wasserbewegung im Boden von Wichtigkeit ist.

---

1) Eulenberg's Viertelj. f. ger. Med. N. F. XX. 2.
2) Fleck, 2. Jahresbericht d. chem. Centralstelle zu Dresden S. 43.
3) Dritter Jahresbericht des Landes-Medicinal-Collegiums in Sachsen S. 169.

Die Erdsorten, mit denen ich experimentirte, waren in glasirte Thonröhren von 1 m. Länge und 160—170 □cm. Querschnitt im Lichten fest eingestampft; mittels einer einfachen Vorrichtung waren sie constant von einer Wasserschicht von 1 cm. Höhe bedeckt. Durch zahlreiche Controlversuche, deren Detailbeschreibung ich für eine spätere Mittheilung verspare, da eine solche den Rahmen der vorliegenden Untersuchung überschreiten würde, suchte ich mich von der Gleichmässigkeit der gewählten Bedingungen zu überzeugen.

Die Bodenarten, die am häufigsten in den oberflächlichen Schichten vorkommen und daher das meiste Interesse für uns haben, zeigten folgende Differenzen:

Reinem groben Kies ist die Durchlässigkeit $= \infty$ zuzuerkennen; reinem Thon resp. Lehm die Durchlässigkeit $= 0$.

Zwischen diesen Extremen gruppiren sich die übrigen Erdsorten, je nachdem sie mehr oder weniger grob gekörnt oder mit Lehm vermengt sind, z. B.

	Filtratmenge pro Minute in ccm.:
Feinkörniger Sand I	103.0
„ „ II	87.3
Feinster Sand	25.7
3 Theile Sand I, 1 Theil Lehm	15.5
1 Theil Kies, 2 Theile Sand I, 1 Theil Lehm	7.4
1 Theil Sand I, 1 Theil Lehm	2.1

Aus diesen Zahlen lässt sich zur Genüge entnehmen, wie ausserordentlich verschieden die Wasserbewegung im Boden je nach dessen Durchlässigkeit sich verhalten muss.

Für die letztere habe ich indess noch ein anderes Maass gesucht, das unter Beibehaltung der natürlichen Verhältnisse anzuwenden ist, und dadurch sich dem Einwande entzieht, dass die künstlich im Laboratorium hergestellte Bodenschicht nicht vollgiltigen Aufschluss geben kann über die Beschaffenheit des sogenannten gewachsenen Bodens.

Sucht man in der Grundwassermasse eine Niveaudifferenz herzustellen, so würde man dies um so rascher und leichter bewirken

können und die fertige Niveaudifferenz wird sich um so langsamer wieder ausgleichen, je mehr Widerstände dem zuströmenden Wasser im Boden sich entgegenstellen, d. h. je undurchlässiger derselbe ist. Durch einfache mit Messungen verbundene Pumpversuche lässt sich demnach ein gewisses Maass für die Durchlässigkeit jener Bodenschichten gewinnen, aus denen das Wasser im Brunnenrohr gesammelt wird. Man könnte vielleicht denken, dass die Construction des Brunnens selbst dem unbehinderten Eindringen des Wassers Widerstände entgegensetzt, dass demnach die Ergiebigkeit eines solchen ebensowohl von seiner Bauart und speciellen Beschaffenheit, als von der Durchlässigkeit der umgebenden Bodenschichten abhängt und die Menge des zuströmenden Wassers somit nicht allein den gewünschten Maassstab für die Durchlässigkeit giebt. Es liegt aber in der Natur der Sache, dass jeder Brunnen so gebaut wird, dass dem Zufluss von aussen nicht noch absichtlich Hindernisse in den Weg gelegt werden. Zwar lässt man häufig die Wände des Schachtes dicht cementiren, in der Absicht, seitliche Beimengungen von schlechterem Oberflächenwasser abzuhalten; die Quantitäten dieser Zuflüsse fallen jedoch bei unseren gewöhnlichen Flachbrunnen niemals ins Gewicht. Die Seitenwände leisten stets durch ihre Mauerung gewissen Widerstand, dieser aber fällt an der Bodenfläche des Brunnenschachtes vollständig weg; die Ausgleichung der Niveaudifferenz erfolgt daher stets wesentlich vom Boden aus, und es ist für die Schnelligkeit des Processes beinahe gleichgiltig, ob das Rohr des Schachtes dicht oder undicht ist. Der Boden eines Brunnens kann nun allerdings verschlammen und dann dem Eindringen des Wassers einen gewissen Widerstand entgegensetzen. Durch Controlversuche, die zunächst bei verschlammten Brunnen, dann aber gleich nach deren Reinigung vorgenommen wurden, habe ich mich jedoch überzeugt, dass dies bei unseren gewöhnlichen Flachbrunnen nie in dem Maasse der Fall ist, dass dieser Einfluss gegenüber den Widerständen, die im Boden selbst liegen, irgendwie in Betracht käme.

Es liegen in der Literatur zahlreiche Beispiele von Brunnen vor, die selbst durch Dampfpumpen kaum eine merkliche Abnahme ihres Wasserspiegels erfuhren. So wurden in dem Versuchsbrunnen

nahe der Elbe bei Dresden[1]) stündlich 900—1200 Cubikfuss Wasser gefördert, ohne dass der Wasserstand mehr als zwischen 9 und 11′ schwankte. Noch grossartigere Beispiele von unversiegbaren Brunnen liefert Basel[2]). In einem einfachen Sodbrunnen mit 10′ Wasserstand konnte nach ca. 16stündigem Pumpen mit zwei Locomobilen ein Sinken des Wasserspiegels nur um 2″ 2‴ constatirt werden.

Nur Geröllboden aus reinem grobem Kies bestehend kann im letzterwähnten Beispiele die unendliche Durchlässigkeit dem durchströmenden Wasser geboten haben. Im geraden Gegensatz zum Baseler Erdreich steht der Untergrund von Leipzig und Umgebung. Tiefbrunnen erreichen zwar auch hier lockere Kiesschichten von bedeutender Durchlässigkeit; weitaus die Mehrzahl der Privat- und öffentlichen Brunnen stehen aber in relativ dichtem Sande. Die von mir angestellten Pumpversuche geben hierüber deutlichen Aufschluss. Die Ausführung derselben geschah in der Weise, dass durch gleichmässig schnelles Pumpen der Wasserstand des Brunnens um ein bestimmtes Maass erniedrigt und die Menge des ausgepumpten Wassers gemessen wurde; die Dimensionen des Brunnenschachtes ergaben mir ferner das Wasserquantum, welches durch die Senkung des Wasserspiegels von dem bereits im Schachte angesammelten Wasser entnommen war; der Rest der geförderten Menge musste vom umliegenden Grundwasser aus zugeflossen sein. Die genauere Mittheilung der Methoden und Resultate unterlasse ich an dieser Stelle; die folgenden ausgewählten Zahlen werden genügen, um ein ungefähres Bild von der Durchlässigkeit des Leipziger Untergrundes zu geben.

Der Zufluss zum Brunnenschacht betrug pro Minute:

Gerberstrasse 7	8.0	Liter
Nordstrasse 10	9.6	„
Carlsstrasse 9	16.7	„
Ulrichsgasse 28	22.5	„
Körnerstrasse	29.7	„

1) Fölsch, Bericht über die Wasserversorgung Dresdens. Dresd. 1864. S. 191.
2) Göppelsröder, Zur Infection des Bodens. Basel 1872. S. 7.

Fast sämmtliche Brunnen, die durchschnittlich einen Wasserstand von 2 m. führen, können innerhalb einer Stunde und selbst kürzerer Zeit von einem einzelnen Manne leer gepumpt werden.

Somit geht aus den mitgetheilten Versuchen mit grösster Bestimmtheit hervor, dass die Wasserbewegung im Boden ausserordentlich grosse Verschiedenheiten zeigen muss, je nach der Durchlässigkeit des Bodens, in dem es sich befindet.

Ausser der letzteren beeinflusst aber noch ein anderes Moment, wenn auch in weit geringerem Maasse, die Bewegung des Grundwassers, nämlich die Neigung der undurchlässigen Unterlage desselben. Einige Zahlen mögen auch hier einige Anhaltspunkte für die vorkommenden Differenzen geben:

Reinhard[1]) fand für Dresden ein Abfallen des Grundwasserniveau's zwischen 1 : 50 bis 1 : 588; Schnitzer[2]) für Erlangen: 0.55 : 100 bis 1.23 : 100. Fernere Beispiele liefern München[3]), Berlin[4]).

Die Verschiedenheiten, die nun je nach der wechselnden Grösse dieser beeinflussenden Factoren, nämlich der Durchlässigkeit des Bodens und der Neigung der undurchlässigen Schicht, die Wasserbewegung zeigen muss, lassen sich leicht ableiten.

Zunächst kommen die Zuflüsse des Grundwassers in Betracht, die in verticaler Richtung das Erdreich durchsetzen. Dies sind einmal die Regenmengen, die bei durchlässigem Boden rasch und oft denselben durchdringen, bei mehr undurchlässigen Schichten dagegen nur dann, wenn anhaltende Niederschläge auf eine kühlere Oberfläche fallen[5]); zweitens aber die verunreinigende Stadtlauge, die leicht und vollständig ins Grundwasser übertritt, wo lockere Schichtung vorhanden ist; die langsam ihr Ziel erreicht, wo dichterer Boden grössere Widerstände entgegensetzt, und die endlich gar nicht, oder nur zum kleinsten Theil in die tieferen Regionen

---

1) a. a. O. S. 155.

2) Schnitzer, Zur Hydrographie der Stadt Erlangen. Erlangen 1872. S. 7.

3) Die Wasserversorgung der Stadt München. Vorproject von A. Thiem. München 1876.

4) Virchow, Generalbericht. Berlin 1873.

5) Vergl. Pfaff, Ueber Brunnen etc. Erlangen 1864.

gelangt, wenn eingelagerte Lehmschichten ihre Fortbewegung hindern. Die Concentration der Stadtlauge muss auf ihrem Wege in die Tiefe immer zunehmen; die häufigeren durchdringenden und auswaschenden Niederschläge werden dieselbe aber im lockeren Boden im Ganzen nicht so hoch steigen lassen, als im weniger durchlässigen und seltener durchfeuchteten Erdreich.

Das Ziel beider verticalen Bewegungen ist das Grundwasser, bei dem man im Allgemeinen eine horizontale Fortschiebung constatirt hat. Indess mit Deutlichkeit nur an den Stellen, wo lockerer Boden rasche Ausgleichung jeder Niveaudifferenz gestattet. So hat man im Rheinthal oberhalb Strassburg und im Lechthal Zahlen als Ausdruck der Geschwindigkeit dieser Bewegung geben können[1]).

Der dichtere Sand oder lehmhaltige Kiesboden bietet ganz andere Verhältnisse. Fast nie zeigt er eine gleichförmige über weite Strecken ausgedehnte Zusammensetzung; bald herrscht vielmehr der Kies vor, bald der Lehm, bald ist feinerer Sand, bald gröberer das Material für die Bewegung des Wassers; die früher abgelaufenen geologischen Processe, bei denen höchst wahrscheinlich eine mehrfache Aufarbeitung abgelagerter Schichten durch Meeres- oder Gletscherwirkungen stattgefunden hat, geben uns die Erklärung für diese auf so engem Raume wechselnde Zusammensetzung der oberen Bodenschichten. Wo sie statthat, ist von einer gleichmässigen Grundwasserbewegung keine Rede mehr; finden sich irgendwo Lagen von lockerem Kies, so wird hier eine Fortbewegung von Wassermassen und gleichsam eine Drainirung des umliegenden Gebietes eintreten; wo dagegen dichtere Bodenarten vorherrschen, wird das Grundwasser als stagnirender See zu denken sein, dessen Fortbewegung für unsere messenden Instrumente überhaupt nicht mehr bestimmbar ist.

Diese Verschiedenheiten der verticalen und horizontalen Wasserbewegung im Boden müssen nun auf die Constitution des oberflächlichen Grundwassers und unserer Brunnen sehr wesentlichen Einfluss ausüben. Wo sich stärkere Grundwasserbewegung findet, muss die Verunreinigung eines Brunnens im Allgemeinen geringer

---

1) Thiem l. c.

werden; sie wird am geringsten sein, wenn ausserdem noch oberflächliche dichte Schichten den Zutritt der Stadtlauge hemmen, dagegen ihren relativ höchsten Grad erreichen, wenn eine lockere Oberfläche die Abfallsstoffe leicht und rasch durchtreten lässt. Immer werden aber diese verunreinigenden Massen, dank der leichten Verschiebung der Wassertheilchen, sich über eine grössere Fläche verbreiten; in Folge der Niveaudifferenz, die durch die Benutzung der Brunnen gesetzt wird, gelangen sie zwar auch in eine nach dem Brunnenschachte zu gerichtete Bewegung; da aber eine solche Niveaudifferenz stets bald ausgeglichen ist, werden sie ausserdem auch noch entsprechend dem Gefälle des Grundwassers von diesem fortgeführt und in demselben vertheilt werden. Die Folge wird sein müssen, dass Brunnen, die tiefer am Abhang des Grundwasserniveau's liegen, nicht nur die Verunreinigung der nächsten Localität zugeführt erhalten, sondern auch das bereits weiter oben verschlechterte Grundwasser, und dass sie daher an zwei Quellen von Abfallsstoffen participiren müssen. Bei Wasseranalysen in solchen Gegenden mit lockerem Boden wird also nicht zu erwarten sein, dass der einzelne Brunnen das Gepräge seiner Localität trägt; vielmehr wird sich häufig der charakteristische Befund herausstellen, dass die Brunnen um so schlechter werden, je tiefer ihr Wasserspiegel liegt.

Anders im dichten Boden, wo eine horizontale Bewegung des Grundwassers so gut wie gar nicht in Betracht kommt. Hier ist die im Brunnen durch die Wasserentnahme erzeugte Niveaudifferenz stets der einzige wirksame Anlass für eine Fortbewegung des Wassers, und zwar lediglich für eine solche nach dem Brunnenschachte zu. Bei der Mehrzahl der Leipziger Brunnen dauert es 2—3 Stunden, bis eine durch die Benutzung des Brunnens hergestellte Niveaudifferenz wieder ausgeglichen ist; bei nur mässigem Wasserconsum wird daher eine solche fast ständig vorhanden sein und somit stets ein ganz überwiegend starkes Moment für eine concentrische Bewegung nach dem Brunnenschachte zu. Im Uebrigen bleiben die Wasserschichten fast völlig in Ruhe, und ins Grundwasser übertretende Verunreinigungen werden sich nur auf dem endlos langsamen Wege der Diffusion in demselben verbreiten können,

wenn sie nicht in den Bereich des Wassermantels hineinfallen, aus dem ein Brunnen seinen Zufluss recrutirt und der sich nach der Dichtigkeit des Bodens verschieden weit erstrecken wird[1]). In Gegenden mit solchem Boden wird der einzelne Brunnen lediglich und vollständig die Verunreinigungen seiner eigenen begrenzten Localität führen müssen.

Jedoch ist dabei vorausgesetzt, dass der Durchtritt der Stadtlauge durch die oberflächlichen Bodenschichten stets in der gleichen Weise erfolgt. Und das ist gerade bei dem dichteren Schwemmland durchaus nicht der Fall. Oft bilden hier lockere Sand- oder Kiesschichten die obersten Lagen unseres Wohnbodens, oft aber ziehen undurchlässige Lehmablagerungen mehr oder minder weit zwischen den Grundwasser führenden Schichten und der Oberfläche hin. Von der Dichtigkeit des Bodens, von der Tieflage solcher undurchlässiger Schichten wird es abhängen, ob viel, ob wenig oder ob gar nichts von den Abfallsstoffen, die an einer bestimmten Localität in den Boden gelangen, ins Grundwasser übertritt und einen Brunnen zum Zeugen dieser Verunreinigung macht oder nicht.

In der vorstehenden Betrachtung haben wir somit bereits zwei wichtige Momente kennen gelernt, die auf die Constitution eines Brunnenwassers vom wesentlichsten Einfluss sind; erstens die Durchlässigkeit der Bodenschichten, in denen sich das Grundwasser bewegt; zweitens die Beschaffenheit der Bodenoberfläche, die die Verunreinigungen zu passiren haben. Sind verschiedene Localitäten mit gleichen Massen von Stadtlauge imprägnirt, so wird von dieser im einen Fall deshalb nur wenig im Brunnenwasser zu Tage treten, weil relativ rasche Fortbewegung der Wassermassen und Vertheilung der Oberflächenzuflüsse stattfindet; im anderen Falle aber vielleicht deshalb, weil undurchlässige Schichten den Uebertritt ins ruhende Grundwasser hemmen; wieder andere Brunnen, die in dichtem Boden stehen, die aber, bedeckt von durchlässigem Erdreich, die volle Menge der Verunreinigungen erhalten, werden sich durch die gleichen Mengen versitzender Stoffe im höchsten Grade verunreinigt zeigen; zuweilen aber werden sie auch in solchem Zustande sein,

1) Vergl. Veitmeyer, Vorarbeiten. Berlin 1871. S. 75. — Salbach, Das Wasserwerk der Stadt Dresden. Halle 1876.

ohne dass ihre nächste Umgebung die Schuld trägt: wenn sie nämlich von höher gelegenen Stellen durch den Grundwasserstrom grössere Mengen von Abfallsstoffen zugeführt bekommen.

Charakteristische Beispiele für Brunnen in lockerem Boden und solche in dichterem Erdreich liegen bereits hinreichend in der Literatur vor. Ein Extrem der ersten Art sind die Baseler Brunnen. Göppelsröder berichtet von dem Wasser des Steinwerks, dass es zu verschiedenen Malen stark trübe war durch rothbraune Fetzen, welche aus dem Abflusskanal einer naheliegenden Papierfabrik durch seitliche Infiltrationen in die Quelle gelangt waren und dem Wasser eine schlammige Consistenz gaben. Ein fernerer Beleg ist die weitgehende Vergiftung von Baseler Sodbrunnen durch arsenikhaltige Abgänge von Anilinfarbenfabriken; in einer geraden Entfernung von mehr als 1000 Fuss vom Heerde der Infection konnten noch starke Arsenikspuren im Wasser nachgewiesen werden. Dem entsprechend ist denn auch die allgemeine Beschaffenheit der Baseler Brunnen eine solche, wie wir sie nach der oben gegebenen Schilderung von dem Einflusse eines equisit lockeren Bodens erwarten mussten. Pettenkofer stellte als Hauptergebniss der Untersuchungen von Baseler Brunnen Folgendes auf[1]):

„Wenn man die Brunnen Basels nach dem Gefäll der Lettenschichte und nach der Bewohnung der Oberfläche ordnet, so zeigt sich, wie den tiefer gelegenen Punkten nicht nur der Unrath der eigenen Häuser, sondern auch theilweise der höher gelegenen Quartiere zufliesst; denn der Gehalt an organischen und namentlich aber an unorganischen Theilen, welche den Hauptbestand des Gesammtrückstandes der Brunnenwasser ausmachen, nimmt in dem Maasse zu, als sich das Grundwasser auf der Lettenschichte unter einer grössern oder kleinern bewohnten Strecke dem Birsig oder dem Rheine zu bewegt."

Im geraden Gegensatz zu diesen Befunden stehen einige Beobachtungen über die Verbreitung von Stoffen und Verunreinigung der Brunnen im dichten Boden. Ein Beispiel dafür, in wie hohem Grade hier die Brunnen ihre Individualität besitzen,

1) Citirt in Göttisheim, Das unterirdische Basel. Basel 1868. S. 31.

führt Weltzien[1]) an: „Herr Pauli in Rüppur liess neben seiner Fabrik vor 25 bis 30 Jahren 2000—3000 Centner Abfälle der Chlorkalkdarstellung versenken. Vor zwei Jahren wurde an derselben Stelle ein Brunnen gegraben. Bei 17 Fuss Tiefe bekam man Wasser, aber dieses enthielt per Liter 1.485 gr. Chlor. Das chlorhaltige Wasser wurde durch fortgesetztes Pumpen zu erschöpfen gesucht und war dessen Chlorgehalt nach zwei Monaten auf 0.814 gr. im Liter gesunken. Eine kurze Unterbrechung des Pumpens steigerte den Chlorgehalt wieder auf 0.885 gr.; der Brunnen wurde daher als unbrauchbar aufgegeben. Während der Pumpversuche zeigte das Wasser eines 150 Fuss entfernten Brunnens 0.354 gr. Chlor, und nachdem er zwei Jahre täglich in fast fortwährendem Gebrauch war, enthielt er noch 0.337 gr. Chlor im Liter. Endlich ein 200 weitere Fuss entfernter Brunnen lieferte Wasser von 0.177 gr. Chlorgehalt im Liter.

Während also das Horizontalwasser selbst nach 30 Jahren von den Chlorabfällen so wenig fortgeführt hatte, dass der erste Brunnen den enormen Chlorgehalt zeigte, enthält der zweite benachbarte Brunnen constant ⅓ des Chlors, und der letzte, 350 Fuss von der Stelle der Versenkung entfernte Brunnen lieferte Wasser, dessen Chlorgehalt immerhin noch bedeutend, aber doch normal war, gewiss ein sprechendes Beispiel, wie sehr die nächste Umgebung auf das Wasser wirkt."

Ebenso konnte auf dem Berliner Rieselfelde[2]) unter dem Kreuzberge, wo das Wasser des Abzugkanals von der Königgrätzer Strasse versank, beobachtet werden, dass die Unreinigkeit sich monatelang ziemlich unverändert erhielt und „die Spüljauche als magazinirt angesehen werden musste". Virchow bemerkt dazu: „Es lässt sich daher nicht verkennen, dass das Grundwasser an verschiedenen Stellen sich sehr verschieden verhält und dass man wie an dem oberflächlichen Wasser auch an ihm strömende und stagnirende Abschnitte unterscheiden muss. Hat die Stagnation insofern etwas Beruhigendes, als sie eine allgemeine Verunreinigung des Unter-

1) Weltzien, Die Brunnenwasser der Stadt Carlsruhe. Carlsr. 1866. S. 46.
2) Virchow, Reinigung und Entwässerung Berlins, Generalbericht. Berlin 1873. S. 46.

grundes von gewissen Punkten aus hindert, bewirkt sie gewissermassen eine Sequestration der unreinen Stoffe an beschränkten Stellen, so hat sie doch andererseits auch die sehr bedenkliche Folge, dass sie diese Stellen weit anhaltender der Wirkung einmal eingedrungener Schädlichkeiten aussetzt und dass sie die bei regelmässiger Strömung nothwendig eintretende Selbstreinigung des Bodens durch nachfliessendes Grundwasser hindert."

Soweit liefert also bereits die ältere Literatur Belege für die Richtigkeit der Ansicht, dass die Zusammensetzung eines Brunnenwassers eine Function der physikalischen Verhältnisse des Bodens ist. Da man aber trotzdem dieselben bisher fast niemals bei der Beurtheilung eines Wassers in Rechnung gezogen hat, habe ich die Art und Weise dieses Bodeneinflusses auf dem oben beschriebenen Terrain der Vororte Lindenau und Neu-Schönefeld genauer kennen zu lernen und festzustellen versucht.

Dass in Lindenau ein Boden vorlag, der sich durch eine sehr grosse Durchlässigkeit der Grundwasser führenden Schichten auszeichnet, bewiesen mir dort angestellte Pumpversuche. Mehrere Brunnen zeigten einen Wasserzufluss von bis zu 60 Liter pro Minute; Brunnen von 2.5 bis 3.0 m. Wasserstand genügen an verschiedenen Stellen Lindenau's, um den bedeutenden Wasserbedarf einzelner Fabriken zu decken.

Die erwähnten Untersuchungen Dr. Woroschiloff's hatten nun das auffallende Resultat ergeben, dass die Brunnen der oberen stark bebauten und lange bewohnten Strassen einen höchst geringen Cl-Gehalt zeigen; dass die etwas tiefer gelegenen Brunnen schon stärker verunreinigt sind und dass endlich in den untersten, am Flusse sich hinziehenden Strassen, die neu angelegt und erst mit wenigen Häusern bebaut sind, bei weitem die stärkste Imprägnirung mit Stadtlauge an den dort erbohrten Brunnenwässern nachzuweisen ist. Folgende Zahlen geben die Belege hierfür:

1) Brunnenwässer der oberen Strassen:

	mgr. Cl im Liter:
Mühlgasse	0.098
Merseburgerstrasse 19	0.010
Poststrasse 7	0.020

2) Brunnenwässer der mittleren Strassen:

	mgr. Cl im Liter:
Herrenstrasse	0.054
Herrenstrasse	0.074
Marktstrasse 6	0.123
Wallstrasse 18	0.168
Hauptstrasse 19	0.185

3) Brunnenwässer der unteren Strassen:

Angerstrasse	0.266
Ziegelstrasse	0.319
Auenstrasse	0.330

Diese Zahlen finden ihre völlig zureichende Erklärung in der Durchlässigkeit des Lindenauer Bodens und der durch sie erleichterten Grundwasserbewegung; in den hochgelegenen Strassen begünstigt ausserdem ein dichter oberflächlicher Boden die Reinheit der dortigen Brunnen, während in den unteren Quartieren nur eine schwache lehmig-sandige Decke besteht, die bei der Anlage der Abtrittsgruben meist durchdrungen wird.

In Neu-Schönefeld waren die Verhältnisse complicirter, weil dort eine weniger gleichförmige Beschaffenheit des Bodens die Abschätzung seines Einflusses erschwerte. Ueber den Grad der Durchlässigkeit für Wasser suchte ich mir zunächst ein Urtheil zu verschaffen dadurch, dass ich mehrere Bodensorten aus wechselnder Tiefe und von möglichster, schon äusserlich erkennbarer Verschiedenheit nach der früher beschriebenen Methode im Laboratorium auf ihre Durchlässigkeit prüfte. Ich erhielt folgende Zahlen:

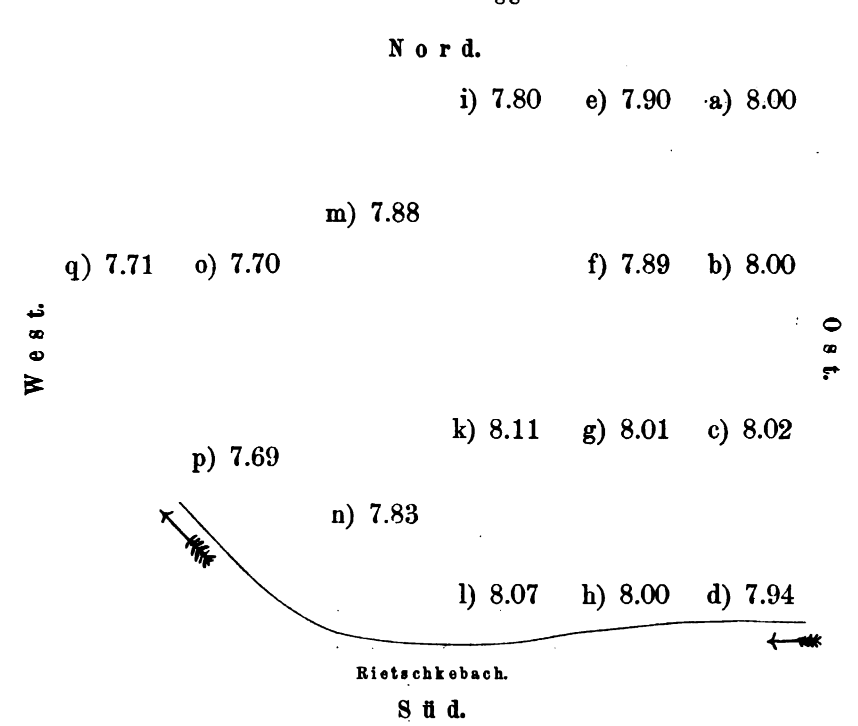
Sand, wie derselbe den weitaus grössten Theil der wasserführenden Schicht Neu-Schönefelds ausmacht, liess im Mittel pro Minute 16.6 ccm. Wasser filtriren; Kies, je nachdem er mehr oder weniger lehmiges Bindemittel führte, 74.0 ccm. bis herunter zu 0. Verglichen mit den oben gegebenen Zahlen für andere Bodensorten zeigen diese Resultate deutlich den hohen Grad von Dichtigkeit, der dem Neuschönefelder Boden fast überall eigen ist. Pumpversuche constatiren dasselbe Verhalten:

Bei dem Brunnen in Nr. 77 betrug die Zuflussmenge pro
Minute . . . . 7.4 Liter
in Nr. 304 a . . . . 7.2 „
in Nr. 28 . . . . 12.0 „
und nur im Gemeindebrunnen Nr. 2 . 54 „

Letzterer ist in dortiger Gegend schon seit lange bekannt wegen seiner ausnahmsweise grossen Ergiebigkeit; es ist daher wahrscheinlich, dass er in einem beschränkten Lager von lockerem Kies steht, der eine örtlich begrenzte leichte Grundwasserbewegung gestattet. Die unten angeführten Resultate der Analyse seines Wassers bestätigen diese Vermuthung.

Auch die Grösse jenes zweiten Factors, der die Grundwasserbewegung beeinflusst, nämlich der Neigung der undurchlässigen Schicht resp. des Grundwasserniveau's, suchte ich für Neu-Schönefeld zu bestimmen. Ich liess eine Reihe von Brunnen, hauptsächlich an den Endpunkten des Ortes, auf einen bestimmten O-Punkt einnivelliren und mass dann die Wasserabstände derselben, jedoch mit der Vorsicht, dass niemals vorausgegangene Benutzung des Brunnens eine künstliche Senkung seines Wasserspiegels verursacht haben konnte. Aus den folgenden Zahlen lässt sich entnehmen, dass nur ein höchst geringfügiges Absinken des Grundwasserniveau's entlang dem Gefälle des Rietschkebachs statthat; eine Absenkung nach diesem Bache zu konnte überhaupt nicht nachgewiesen werden; derselbe scheint vielmehr durch angeschwemmten und abgesetzten thonigen Schlamm ein völlig dichtes Bett geschaffen zu haben, das sich allmählich tief in die Grundwasser führenden Schichten eingeschnitten hat. So erklärt sich der auffällige Befund bei dem Brunnen Nr. 304 a, dessen Wasserspiegel stets 2—3 m. über dem Niveau des Baches gefunden wird, obwohl der letztere nur 5 m. vom Brunnen entfernt ist und beider Wasserspiegel sich gleichzeitig übersehen lässt.

Ich stelle die erhaltenen Zahlen in der folgenden Tabelle zusammen, die zugleich eine rohe kartographische Uebersicht des Terrains giebt:



a) bedeutet den Brunnen Kirchweg- und Eisenbahnstrassenecke. b) Rosenstrasse 128. c) Clarastrasse 171. d) Hauptstrasse 88. e) Eisenbahnstrasse 107. f) Clarastrasse 144. g) Heinrichstrasse 164. h) Rabet 81. i) Georgstrasse 83. k) Rabet 77. l) Rabet 304 h. m) Georgstrasse 63. n) Gemeindebrunnen I. o) Carlstrasse 36 b. p) Clarastrasse 304 a. q) Rudolphstrasse, Schule.

Die den Buchstaben beigefügten Zahlen bedeuten den Wasserabstand von der gemeinschaftlichen Höhenmarke in Meter.

Die Entfernung von d bis q beträgt ca. 600 m.

Es waren demnach in Neu-Schönefeld alle Verhältnisse gegeben, um in der Zusammensetzung der Brunnenwässer eine Unabhängigkeit derselben von der tieferen oder höheren Lage und von ferner gelegenen Zuflüssen, dagegen vielmehr jene Individualität und eigenthümliche Localfärbung hervortreten zu lassen, die nur im dichten Boden und im stagnirenden Grundwasser möglich ist.

Ordne ich die Strassen Neu-Schönefelds nach ihrer Höhenlage, und verzeichne ich die Werthe von Cl, die ich bei den ersten Untersuchungen der Brunnen dieser Strassen erhielt, ausserdem so, dass ihre Reihenfolge der Neigung jeder Strasse, entlang dem

Gefälle des Rietschkebaches, entspricht, so ergiebt sich folgende Uebersicht:

	mgr. Cl im Liter:
Alleestrasse 66	222
Marktstrasse 53	380
„ 54	275
Mariannenstrasse 136 a/b	240
„ 41 e	287
„ 44 e und 45	453
„ 46	240
„ 47 und 48	289
„ 36 und 37	462
Ludwigstrasse 26 c	345
„ 5	292
„ 30 und 29	163
„ 31	263
Eisenbahnstrasse 86	392
„ 85	333
„ 83	216
„ 1	234
Sophienstrasse 117	310
„ 101	333
„ 63	526
Clarastrasse 173	227
„ 159	312
„ Gemeindebrunnen 1	118
Schulgasse 91	230
„ 97	245
Rabet 88	145
„ 81	205
„ 77	412

In diesen Zahlen lässt sich durchaus keine gesetzmässige Gruppirung erkennen. Weder nach dem Gefälle der Bodenoberfläche noch entsprechend der Neigung des Grundwassers findet eine Vermehrung des Cl-Gehaltes statt; regellos sind mittelmässige und hervorragend schlechte Brunnen vertheilt und nur der eine Ein-

druck ist aus der gegebenen Zahlenreihe zu gewinnen, dass jeder einzelne Brunnen seine local begrenzte individuelle Beschaffenheit zeigt.

Im Verlauf meiner Untersuchungen, die sich allmählich über sämmtliche Brunnen Neu-Schönefelds erstreckten, stiess ich noch mehrfach auf Resultate, die nur verständlich werden, wenn man die Dichtigkeit des Bodens und die damit verbundene Localisirung der Verunreinigungen entsprechend berücksichtigt. Wurden z. B. auf grösseren unbebauten Grundstücken, die inmitten längst bewohnter Häuser und stark Cl haltiger Brunnen lagen, neue Häuser aufgeführt und Brunnen erbohrt, so zeigte deren Wasser stets nur jene geringfügigen Spuren von Cl, wie sie in jedem reinen Grundwasser vorkommen. So hatte das Wasser des Grundstücks

Marktstrasse neben 103	= 22	mgr.	Cl	im	Liter
Ludwigstrasse 11	= 17.5	„	„	„	„
Mariannenstrasse 20	= 20	„	„	„	„

Waren die freigebliebenen Plätze zwischen den längst bewohnten Quartieren sehr klein, so war der Befund nicht der gleiche; die Neuanlage der Brunnen musste dann leicht in einen Theil des Grundwassers fallen, der bereits zu dem Versorgungsbezirk eines anderen Brunnens gehörte und daher mit den diesem zuströmenden Verunreinigungen gemischt war. So fand ich bei zwei derartigen Neubauten am Rabet einen Cl-Gehalt des Wassers von 110 resp. 142 mgr. im Liter, mithin allerdings weniger als in Brunnen mit nahe gelegenen Quellen von Abfallsstoffen, aber doch hinreichend, um eine indirecte Betheiligung an solchen zu documentiren.

In anderer Hinsicht lehrreiche Belege lieferten die Brunnen 304a und der Gemeindebrunnen II. Beide zeigten constant bei vielfach wiederholten Untersuchungen einen auffallend geringen Cl-Gehalt, der erheblich von dem der benachbarten Trinkwässer abwich. Bei dem ersteren ergab nun die Wasserstandsmessung (vergl. S. 476), dass an dieser Stelle keine stärkere Absenkung des Grundwasserniveau's statthatte; Pumpversuche zeigten, dass die Durchlässigkeit der Wasser führenden Schichten eine sehr geringe war; folglich konnte in diesem Falle in einer local beschleunigten

Grundwasserbewegung nicht der Grund für die geringere procentische Verunreinigung des Brunnenwassers gegeben sein. Die Anlage der Aborts- und Versitzgruben war ähnlich wie auf allen Wohnplätzen Neu-Schönefelds, und es war mit Sicherheit anzunehmen, dass annähernd eben so viel Abfallsstoffe in den Boden eindrangen als in der Nachbarschaft. Eine nähere Untersuchung der oberflächlichen Erdschichten gab nun den wahrscheinlichen Aufschluss in folgender Weise. Das Grundstück 304a liegt an dem Abhang des Rietschkebaches, und zwar ist der Boden, namentlich für die Seitengebäude, erst durch eine sehr hohe Aufschüttung auf das ursprüngliche seicht abfallende und früher oft überschwemmte Ufer geschaffen. Ich habe aber bereits oben erwähnt, dass das Bett des Baches als völlig undurchlässig angesehen werden muss; die somit unter den Seitengebäuden und den Gruben sich hinziehende angeschwemmte Thonschicht musste daher im vorliegenden Fall eine völlige Scheidewand zwischen Grundwasser und den im Boden versitzenden Schmutzmassen bilden und den Brunnen vor Verunreinigung schützen. Anders erklärt sich der geringe Cl-Gehalt des Gemeindebrunnens II, die Pumpversuche[1]) an demselben hatten durch den bedeutend stärkeren Wasserzufluss die Wahrscheinlichkeit einer local begrenzten grösseren Durchlässigkeit der Wasser führenden Schichten, damit einer stärkeren Grundwasserbewegung und leichterer Verdünnung eingedrungener Verunreinigungen nachgewiesen.

Solche undurchlässige Scheidewände sowohl wie strichweise erleichterte Grundwasserbewegung werden sich häufig auch über grössere Strecken ausdehnen können und so einer ganzen Reihe von Brunnen ein von ihrer Umgebung abweichendes Gepräge aufdrücken. Ueberhaupt liegt es in der Natur der bisher besprochenen physikalischen Beschaffenheit des Bodens, dass selbst an Durchschnittszahlen aus einer grösseren Menge von Analysen ihr charakteristischer Einfluss auf die Zusammensetzung des Brunnenwassers einer Gegend sich ausspricht; z. B. ist es auffallend, wie im Ganzen genommen die Neuschönefelder Trinkwässer eine ausserordentlich viel unreinere Beschaffenheit haben als die von Lindenau, — ein

1) Vergl. S. 476.

Unterschied, der sich fast stets finden wird, wo Ortschaften mit lockeren und andererseits mit dichtem Boden verglichen werden.

Abgesehen aber von diesen mächtigsten und in grossem Maassstab wirksamen Factoren, hängt der Gehalt eines Brunnenwassers an differenten Bestandtheilen in zweiter Linie noch ab von einer Reihe von Einflüssen, die mehr speciell den einzelnen Brunnen betreffen. Als einen solchen nannte ich zunächst die räumliche Entfernung der Aborts- und Versitzgruben. Es ist a priori einleuchtend, dass je näher die Quelle der Verunreinigung gelegen ist, um so vollständiger diese in die nach dem Brunnenschachte zu gerichtete Strömung gelangen und im ausgepumpten Wasser wieder zu Tage treten muss. In hinreichend dichtem Boden können auf diese Weise die unveränderlichen Bestandtheile der Abfallsstoffe und namentlich das Cl in einer fast an Absichtlichkeit erinnernden Vollkommenheit conservirt und im Trink- und Hauswasser noch einmal mit dem Menschen in Berührung gebracht werden. Brunnen mit einem ClNa-Gehalt von ca. 1000 mgr. pro Liter sind in Schönefeld nicht ganz selten; die durchschnittliche Bewohnerzahl eines Grundstückes beträgt 15 Köpfe; es ist leicht auszurechnen, dass alsdann der tägliche Wasserconsum ungefähr so viel Cl zu Tage fördert, als dieselbe Anzahl von Bewohnern an ClNa im Harn und Abfallswasser des Haushalts producirt und dass also dieses in voller Menge in den Boden versitzen und von da ins Wasser übertreten muss. Auf welche Entfernung in verschieden dichtem Boden eine starke Beeinflussung des Brunnens durch die Aborts- und Versitzgruben stattfinden kann, muss späteren experimentellen Untersuchungen anheimgestellt werden; bestimmte Zahlen würden einen entschiedenen praktischen Werth haben und eventuell eine Grundlage für baupolizeiliche Vorschriften liefern können. Auf dem Neuschönefelder und Lindenauer Terrain waren keine quantitativen Erhebungen in diesem Sinne möglich, weil einerseits zu geringe Differenzen in der Anlage der Gruben bestanden und zweitens viele andere, theils genannte, theils noch zu erwähnende Factoren zu sehr in den Vordergrund traten und jenen Localeinfluss verdeckten. Im Allgemeinen ging allerdings mit der Nähe der Gruben auch die Verunreinigung parallel; häufig aber stiess

ich auf Ausnahmen, die ein gesetzmässiges Verhalten nicht zu Tage treten liessen.

Ausser den vorhin besprochenen Bodeneinwirkungen war es vor allem die Dauer der Bewohnung eines Terrains, die auf meinem Versuchsfelde die Beschaffenheit des einzelnen Brunnens bedingte und andere Einflüsse überwog. Der ganze obere Theil Neu-Schönefelds, aus Alleestrasse, Marktstrasse, Marienstrasse und Ludwigstrasse bestehend, ist etwa 20—30 Jahre jünger als die tiefer gelegenen Quartiere. Ein Theil ist noch im Bau begriffen, die Mehrzahl der Häuser stehen 1—3 Jahre. Ziehe ich den Durchschnitt aus sämmtlichen Brunnen, sowohl des neuen wie des alten Stadttheils, so stellt sich ein starkes Ueberwiegen des Cl-Gehalts für den letzteren heraus. An dieser besseren Durchschnittszusammensetzung der neubebauten Strassen tragen aber lediglich die ganz oder fast ganz neuen Häuser die Schuld. Auf Wohnplätzen, die seit 3—5 Jahren bewohnt sind, zeigt sich bereits ganz derselbe hohe Cl-Gehalt wie in dem unteren altbebauten Viertel; ihr Durchschnitt beträgt 355 mgr.; die noch nicht ein Jahr alten Gebäude haben dagegen Brunnen mit einem Durchschnittsgehalt von 35 mgr., die 1—3 Jahre alten 170 mgr. Es geht aus diesen Zahlen aufs Deutlichste hervor, dass der Untergrund sich relativ rasch und vollständig mit den Stoffen imprägnirt, die aus den Sammelgruben trotz sogenannter Dichtung und sorgfältiger Cementirung austreten. Wenige Jahre genügen, um die Art des Uebertritts ins Grundwasser genau so vor sich gehen zu lassen wie nach jahrzehntelanger Bewohnung; nur in gewissem Grade mag auch in späterer Zeit noch eine Zunahme der Boden- und Brunnenverunreinigung stattfinden, weil das Material der Gruben immer noch um etwas durchlässiger wird und die durchsickernden Stoffe sich mit der Zeit Wege im Erdreich bahnen können, die ihren Durchtritt erleichtern. Selbstverständlich wird die Zeit, die für die Sättigung des Bodens erforderlich ist, verschieden sein sowohl nach seiner physikalischen Beschaffenheit, wie nach der Dicke der Schichten, die das Grundwasser bedecken.

Der Einfluss der Brunnentiefe bedarf keiner besonderen Auseinandersetzung. Es ist von vornherein klar, dass je grösser

die Wassermasse ist, mit der die eindringende Verunreinigung gemischt wird, um so geringfügiger der resultirende Gehalt des Wassers an diesen Stoffen werden muss. Die Zuflüsse können sich stets nur sehr langsam im Grundwasser verbreiten, so lange sie nicht durch künstliche Mischung mit tieferen Schichten in Berührung gebracht werden; eine solche Mischung bringt nun in vollendeter Weise die Saugpumpe des Brunnens hervor und zwar in dem Bereich aller Wasserschichten, aus denen derselbe sein Wasser bezieht. Die Mischung ist eine so innige, dass es, wie ich mich durch mehrfache Versuche überzeugt habe, vollkommen vergeblich ist, bei isolirt einmal von der Oberfläche und dann von der Tiefe des Brunnenschachtes entnommenen Wasserproben eine Differenz in der Zusammensetzung zu entdecken[1]). Es ist ja eine alte Erfahrung, dass man mit Vortheil einen Brunnen tiefer legt, wenn der seichtere bis dahin schlechtes Wasser lieferte; und so ist denn auch dieser Einfluss der Brunnentiefe bereits längst von den verschiedensten Beobachtern gewürdigt. Vor allem hat Frankland bei seinen zahlreichen mühevollen Analysen einen durchgreifenden Unterschied gemacht zwischen Tiefbrunnen von 30 m. und mehr Tiefe und Flachbrunnen[2]).

Die weiterhin in Betracht kommenden Zuflüsse besonderer Art können entweder der verunreinigenden Stadtlauge angehören oder in quantitativen und qualitativen Aenderungen des aufnehmenden Grundwassers bestehen. Was die Stadtlauge betrifft, so sollen hier nur einzelne hervorstechende Abweichungen derselben von der gewöhnlichen Zusammensetzung berücksichtigt werden. Es ist zweifellos, dass auch abgesehen von diesen, von einer genauen Congruenz der im Boden versitzenden Verunreinigungen in den einzelnen Fällen keine Rede sein kann; ich erinnere nur an C. Schmidt's Analysen der Dorpater Wässer; immerhin beweisen aber die nur geringen Differenzen namentlich im Cl-Gehalt, die überall da zu

1) Dies ist nur dann möglich, wenn von sehr tiefen Brunnen ausgedehnte und dann auch physikalisch verschiedenartige Bodenschichten durchsetzt werden, so bei dem 15 m. tiefen Brunnen der englischen Wasserwerke bei Berlin, s. Müller, Reinigung und Entwässerung von Berlin. Berlin 1874. Heft XII. S. 550 ff.

2) Sixth report of the river pollution commision etc. London 1874.

Tage treten, wo möglichst gleiche äussere Verhältnisse auf die Brunnen einwirken, dass in Bezug auf Cl und noch einige andere Bestandtheile im Grossen Ganzen die versitzenden Abwässer eine gewisse Aehnlichkeit haben. Solche Zuflüsse, die aber den Charakter dieser Verunreinigungen und damit auch die Zusammensetzung der Brunnen wesentlich ändern, sind z. B. die Abfallwässer verschiedenster Fabriken. Für die Cl-Analysen kommen hier namentlich die Stätten der Clorkalk- und Soda-Industrie in Betracht, ebensowohl aber auch Gebäude mit grösseren Ansammlungen menschlicher oder thierischer Excremente, z. B. frequente Restaurationen, Schulen etc. Diese specielleren Verhältnisse lassen sich indess fast immer übersehen und können deshalb leicht bei der Analyse eines Wassers in Rechnung gezogen werden. Schwieriger zu erkennen und abzuschätzen ist ein abweichendes Verhalten der Grundwasserverhältnisse, wie dies namentlich in der Nähe von grossen Flüssen vorzukommen pflegt. Es wird nur durch besondere Untersuchungen für jeden Einzelfall zu bestimmen sein, ob der Fluss das Grundwasser aufnimmt, oder ob wenigstens auf eine gewisse Entfernung hin das Wasser der Flüsse in den Untergrund eindringt. Während für die erstere Art der Wasserbewegung immer mehr Beispiele aufgefunden werden[1]), liegen doch auch einige Beobachtungen vor, die die Möglichkeit festzustellen scheinen, dass wenigstens der anschwellende Fluss in das Grundwasser eindringt[2]); über die Entfernung, bis zu der eine solche Mischung von Grund- und Flusswasser stetig oder zeitweise sich erstrecken kann, fehlen noch nähere Aufschlüsse. Innerhalb des Bereichs eines solchen aussergewöhnlichen, raschströmenden Grundwasserzuflusses werden aber selbstverständlich die Brunnenwässer eine beträchtliche Abweichung von der durchschnittlichen Zusammensetzung zeigen müssen.

---

1) So für den Rhein: Gottgetreu, Ueber die Anlagen etc. Köln 1867. Bluhme, Lent's Zeitschr. I, 167. Heymann, ibid. I, 223. v. Weise, ib. II, 16. Vorarb. für die Wasserversorg. Darmstadt 1873. — für die Elbe: Weiss, Bericht i. Fölsch cit. op. — für die Spree: Veitmeyer, Vorarbeiten 1871. Virchow, Generalbericht 1874 S. 32. — für die Newa: Poehl, Archiv f. ger. Med. St. Petersburg 1868. IV, 1. Heft.

2) Zwick, Lent's Zeitschr. III, 204; v. Weise l. c.

Alle diese erwähnten in der allgemeinen oder speciellen Oertlichkeit des Brunnens beruhenden Einflüsse sind jedenfalls schon an und für sich bedeutend und vielseitig genug, um den Satz zu rechtfertigen, dass ohne genaue Berücksichtigung der Localität kein Schluss aus der Beschaffenheit des Trinkwassers auf den Zustand des umliegenden Bodens gezogen werden darf.

Es kommen nun aber noch einige periodisch wirksame Factoren hinzu, die ein und dasselbe Trinkwasser zu verschiedenen Zeiten von erheblich anderer Zusammensetzung erscheinen lassen. Jedem, der längere Zeit ein Brunnenwasser beobachtet hat, ist der häufige und oft jähe Wechsel der analytischen Befunde aufgefallen, und es ist daher von vielen Seiten darauf hingewiesen worden, dass nur wiederholte Untersuchungen eines Wassers zu einem Urtheil über dasselbe berechtigen.

Eine solche Aenderung im Gehalt eines Brunnens an verunreinigenden Bestandtheilen wird in manchen Fällen auf Aenderungen in der Zusammensetzung der zusickernden Stadtlauge beruhen; häufiger aber wird sie in der wechselnden Schnelligkeit ihrer Fortbewegung begründet sein.

Eine wesentliche Rolle werden dabei ferner die meteorischen Niederschläge spielen, und zwar verschieden je nach der Bodenformation; endlich auch der Grundwasserstand, der ja nicht allerorten mit der Regenmenge correspondirt, sondern mit seinem Fallen und Steigen oft wiederum ein neues variables Moment in die Aetiologie der Wasserzusammensetzung hineinbringt.

In diese Verhältnisse lässt sich nicht eher ein Einblick gewinnen, als bis die dabei mitwirkenden Factoren besser gekannt sind; die zahlreichen bereits versuchten Erklärungsweisen für die zeitlich wechselnde Zusammensetzung der Brunnenwässer konnten daher auch noch von keinem Erfolg begleitet sein[1]). Jedenfalls ist durch die in dieser Richtung angestellten Untersuchungen festgestellt, dass ausserordentlich grosse Differenzen bei ein- und demselben Wasser vorkommen können. Auch für die Neuschönefelder

1) Vergl. A. Wagner, Zeitschr. f. Biol. II, 289. Aubry, ibid. VI, 285 und IX, 145. — Schnitzer l. c. S. 32. — Virchow, Generalbericht S. 42. — A. Müller, Reinigung und Entwässerung Berlins. XII, 677.

Brunnen fand ich dies bestätigt; die zu einer Zusammenstellung benutzten Zahlen habe ich daher stets nur von solchen Wässern ausgewählt, die an demselben Tage geschöpft waren.

Als weiteres Moment, das periodisch eine veränderte Zusammensetzung des Brunnenwassers bewirken kann, ist noch der Grad der Benutzung eines Brunnens zu nennen. Aehnlich wie in dem oben angeführten Beispiele Weltzien's[1]) konnte auch ich den Cl-Gehalt eines Brunnens durch anhaltendes Pumpen sich etwas vermindern sehen. Die Abnahme betrug jedoch nur bis zu 8% und erhielt sich nicht lange; dies Verhalten ist völlig erklärlich, da mit der stärkeren Strömung des Grundwassers nach dem Brunnenschachte zu auch dessen Recrutirungsbezirk für verunreinigende Zuflüsse sich vergrössern muss.

Virchow's Ausspruch: „die Frage nach dem Zusammenhang zwischen Grundwasser und Verunreinigung der Brunnen ist ein viel mehr zusammengesetztes Problem, als man sich vorgestellt hat" findet in der vorausgegangenen Auseinandersetzung seine vollste Bestätigung. Jeder Unbefangene wird durch eine Würdigung der zahlreichen auf die Beschaffenheit eines Wassers influirenden Factoren, die ich absichtlich möglichst vollständig und ausführlich zusammengestellt habe, die Ueberzeugung gewinnen, dass es fast unmöglich ist, bei einer Vergleichung von analytischen Ergebnissen diese verschiedenen beeinflussenden Momente nach ihrem jedesmaligen Werth zu berücksichtigen oder zu eliminiren. Der einzelne Brunnen ist daher kein brauchbarer Maassstab für den Zustand des Bodens, in dem er sich befindet; er zeigt weder die Intensität der Verbindung zwischen Gruben und Brunnen, noch den Grad der Bodenverunreinigung in allen Fällen in gleicher Weise an. Da es aber bei den Trinkwasseranalysen niemals auf absolute Zahlen ankommen kann, sondern stets nur auf Relationen; da wir bei unseren überall inficirten Brunnen nicht überhaupt den Gehalt an Stadtlaugenbestandtheilen verdammen können, sondern nur das mehr oder weniger, und da wir demnach auch immer auf Vergleichungen verschiedener Brunnen angewiesen sind, um daraus auf

1) S. 473.

ein mehr oder minder der Bodeninfection zu schliessen, so können uns die Trinkwasseranalysen keinen Aufschluss darüber geben, in welchem Grade eine Localität mit Abfallsstoffen imprägnirt ist. Dringt dasselbe Quantum Clhaltiger Flüssigkeit an verschiedenen Stellen in den Boden ein, so können die Brunnen dieser Orte die grössten Variationen des Cl-Gehalts zeigen, je nachdem Beschaffenheit des Bodens, Lage des Brunnens und temporäre Einflüsse ihre Wirkung äussern. Folglich kann auch der Cl-Gehalt des Trinkwassers uns keinen Maassstab für die Menge der Stadtlauge geben, die den Boden einer Localität verunreinigt.

Es ist selbstverständlich, dass die übrigen Bestandtheile der Stadtlauge durch eine solche Erörterung der Momente, die auf die Constitution eines Brunnens einwirken, mindestens in genau derselben Weise betroffen werden wie das Cl; ich habe letzteres ja nur als möglichst vollkommenen Repräsentanten jener Abfallsstoffe gewählt, und zwar eben, weil es sich besser dazu qualificirte als alle übrigen; viele der sonstigen Componenten der Stadtlauge, zumal alle organischen Verbindungen, unterliegen ja noch einer Umänderung ihres speciellen Bestandes durch die meisten jener angeführten Einflüsse und werden dadurch nur um so mehr ungeeignet, als Repräsentanten der Immundition zu dienen. Die Durchlässigkeit der Oberfläche und der raschere oder langsamere Durchtritt durch das Erdreich, die Geschwindigkeit der Wasserbewegung im Boden, die grössere oder geringere Entfernung der Grube vom Brunnen, der Wechsel der Bodendurchfeuchtung müssen noch in besonderer Weise auf die Zersetzungen namentlich der organischen Substanz einwirken, und diese bald mehr, bald weniger, oft im Zustand vollendeter Oxydation, manchmal aber auch wieder in relativ wenig veränderter Zusammensetzung ins Brunnenwasser überführen.

Somit können also alle bisher gebräuchlichen Methoden der Trinkwasseruntersuchungen nicht dazu dienen, Aufschlüsse über den hygienischen Werth eines Trinkwassers zu geben. Folgerichtig müssen auch alle die Consequenzen und Schlüsse, die man bislang an die Resultate der Analyse geknüpft hat, als nicht hinreichend

gestützt angesehen werden. Diese Consequenzen sind aber sehr weittragende; und zwar sind sie es geworden in Folge einer eigenthümlichen Entwicklung der Anschauungen.

Wie ich in der Einleitung schon bemerkte, ist der vermuthete Zusammenhang zwischen Infectionskrankheiten und Trinkwasser der wesentlichste Ausgangspunkt und treibendes Moment für die Trinkwasseruntersuchungen gewesen.

Bald glaubten Einige diesen Zusammenhang bestätigt zu sehen, weil sie in manchen Fällen nachweisen konnten, dass Verbreitungsbezirk eines Brunnens und Ausbreitungsrayon des Typhus sich deckten. Ein solcher Nachweis kann aber schwer mit nöthiger Exactheit geführt werden und entbehrt daher leicht der vollen Beweiskraft. Die Immunität Vieler, die mangelhafte Qualification Anderer als glaubwürdige Zeugen, die Nothwendigkeit der Zurückdatirung der Krankheitsursache u. s. w. machen es unmöglich, jene Grenzen exact zu bestimmen; und doch kommt es eben auf genaue örtliche und zeitliche Congruenz an, da eine oberflächliche Uebereinstimmung nicht mehr auf einem Causalnexus zu beruhen braucht, sondern nur auf der Gemeinsamkeit der Localität. Die Beweiskraft eines Experimentes würde nur der öfter constatirte Befund haben, dass Menschen, die in keiner anderen Beziehung zu der inficirten Localität gestanden haben, durch den Gebrauch eines angeschuldigten Wassers erkrankt sind.

Die Schwierigkeiten, die sich einer derartigen Beweisführung entgegenstellen, haben den Wunsch nach dem analytischen Nachweis der Schädlichkeit in denjenigen hervorgerufen, die an eine Gefährlichkeit des Trinkwassers glaubten.

Andere, die den Einfluss der Localität bei der Verbreitung der Infectionskrankheiten nicht im Wasser, sondern im Boden suchten, mussten ebenfalls das Bestreben haben, den Zustand des Bodens kennen zu lernen, der seinen Bewohnern gefahrdrohend wird; auch diese Beobachter versuchten zunächst durch das Trinkwasser Auskunft über jene wichtigen Beziehungen zu erhalten.

Bei den daraufhin vorgenommenen Trinkwasseruntersuchungen fand man allerlei differente Stoffe, die entweder durch ihren chemischen Charakter oder durch die Art ihrer Abstammung nach Maass-

gabe der herrschenden Theorieen zur Vermittlung einer Infection disponirt erschienen. Bald diese, bald jene Bestandtheile wies man in Wässern nach, die von einer Typhuslocalität stammten, und mit der Zahl der Beobachtungen erwuchs die Hoffnung, durch fortgesetzte Forschung endlich in gewissen Stoffen die Gefahr selbst oder das Warnungszeichen einer solchen finden zu können.

Nun aber trat bald eine eigenthümliche Verwechslung des Zieles und des Ausgangspunktes der Forschung ein. Während erst durch jene Untersuchungen des Wassers auf der Basis einer durch Infectionskrankheiten ausgezeichneten Localität der Beweis erbracht werden sollte, ob eine causale Beziehung zwischen beiden bestehe und welche Art dieselbe sei, wurde das Wasser selbst zum Ausgangspunkt der Untersuchungen gemacht; mittels verschiedener Reagentien schied man Gruppen von Stoffen ab, deutete sie vom Standpunkt gerade herrschender hygienischer Lehren und beurtheilte nun nach der Menge dieser Stoffe die Disposition einer Localität zu Infectionskrankheiten.

Seitdem dieses Verfahren üblich geworden ist, sind die Trinkwasseruntersuchungen meist aus den Händen der Mediciner in die Hände der Chemiker übergegangen. Die Analysen wurden nunmehr exacter, ihr hygienischer Werth aber in manchen Fällen dadurch geringer, dass die Namen von Autoritäten, die früher eine Beziehung zwischen Trinkwasser und Krankheiten für möglich oder wahrscheinlich erklärt hatten, den Mangel an Beweisen verdecken mussten, und an Stelle der unbefangenen Forschung und des Experiments willkürliche Hypothese und traditioneller Glaube traten.

Angesichts dieser modernen Methode der hygienischen Trinkwasseranalysen habe ich es für nöthig erachtet, im Vorstehenden zu zeigen, dass auf diesem Wege kein Schritt zur näheren Erkenntniss der Bedeutung des Trinkwassers als Krankheitsursache und speciell als ätiologisches Moment der Infectionskrankheiten vorwärts gethan werden kann.

Welche Anschauung der Einzelne auch vertreten mag — die chemische Analyse allein kann in keinem Falle etwas Positives bieten; sie kann weder den Infectionsstoff selbst nachweisen, noch die Bestandtheile, die zu seiner Entwicklung nöthig und deshalb

gefährlich sind; sie kann ebensowenig ein indirectes Maass der im Wasser vorhandenen zersetzlichen Stoffe liefern, und sie ist auch nicht im Stande, einen Ausdruck zu geben für den Grad der Bodenimprägnirung mit Jauchestoffen, die als eine der Bedingungen für die locale Disposition zu Infectionskrankheiten angesehen wird.

Die berechtigte Frage, die gegenüber dem negativen Erfolg der bisherigen Untersuchungen aufgeworfen werden muss: durch welche Methoden denn bessere Resultate erzielt werden können, ist unschwer zu beantworten.

Es wird lediglich nöthig sein, das Ziel, das man erreichen will und welches die Unbekannte ist, und die Basis, von der man als bekannter gegebener Grösse ausgeht, richtig auseinanderzuhalten.

Man will erfahren, wodurch ein hygienisch gutes, wodurch ein schlechtes Wasser charakterisirt sei; man ist bestrebt, die Stoffe selbst oder einen indirecten Maassstab für die Bestandtheile zu finden, die krank machen und die Infectionskrankheiten erzeugen.

Die bekannte gegebene Grösse muss uns der stattgehabte Krankheitsfall liefern. Versuchen wir ohne diesen zu rechnen, so haben wir lauter Unbekannte und es ist völlig unmöglich zu einem bestimmten Resultate zu kommen.

Also nur unter Benutzung des statistischen Krankheitsmaterials können wir hoffen, Aufschlüsse über die hygienisch wichtigen Bestandtheile des Trinkwassers zu bekommen.

Auf diese Weise wird es vielleicht möglich sein, entweder schädliche Bestandtheile im Trinkwasser selbst zu isoliren oder durch die Wasseranalyse Stoffe oder Bedingungen nachzuweisen, die einer inficirten Localität eigenthümlich sind.

Dreierlei Wege bieten sich im Allgemeinen dar, auf denen eine solche Lösung der Frage sich versuchen lässt.

Entweder kann man die zeitliche Veränderung des einzelnen Wassers studiren, kann sein Verhalten in jeder Richtung festzustellen suchen, so lange an dem Ort seines Ursprungs keine Krankheiten vorkommen, und dann wieder, wenn dieser Ort zum Infectionsherd geworden ist.

Harz's[1]) Vorschläge kommen auf derartige Untersuchungen

1) Vergl. oben.

hinaus. Dieselben versprechen jedoch zur Zeit noch wenig Erfolg. Wir wissen kaum, worauf wir unser Augenmerk zu richten haben, wenn wir des Infectionsstoffs selbst oder der mit ihm in gewissem Zusammenhang stehenden zersetzlichen Stoffe habhaft werden wollen.

Wohl aber kann uns die Beobachtung der zeitlichen Veränderung eines Wassers bessere Aussicht bieten, wenn wir das Verhalten der Stoffe studiren, die mit Vorliebe und mit mehr oder weniger Grund als indirectes Maass der Schädlichkeit eines Wassers angesehen worden sind. Es wird möglich sein, auf diesem Wege durch zahlreiche, an vielen Orten vorgenommene, lange fortgesetzte Beobachtungen nachzuweisen, in welcher Beziehung viele der uns interessirenden Bestandtheile zum Auftreten der Infectionskrankheiten stehen. Eine solche Untersuchung ist natürlich nur unter Benutzung einer grösseren Reihe von Hilfskräften ausführbar. Wie ich höre ist Herr Dr. Port bereits seit längerer Zeit mit der Anstellung derartiger Versuchsreihen in verschiedenen Garnisonen beschäftigt; man wird von denselben interessante Resultate wohl mit Gewissheit erwarten dürfen.

Zweitens bietet sich der Weg der Vergleichung örtlich verschiedener Brunnen; man kann aufzufinden suchen, wodurch sich constant Brunnen aus inficirten Gegenden unterscheiden von solchen aus mehr immunen Wohnplätzen. Auch hier wieder wird es vorläufig unmöglich sein, bei den Untersuchungen auf die uns gänzlich unbekannten gefährlichen Stoffe selbst unser Augenmerk zu richten, vielmehr werden wir die chemische und mikroskopische Analyse nur auf Bestandtheile anwenden, in denen wir wenigstens ein indirectes Maass der Schädlichkeit zu finden hoffen dürfen.

Im Vorausgehenden habe ich nun aber gezeigt, dass alle die Stoffe, die im Wasser vorkommen und für eine solche Function geeignet erscheinen, sich als Maassstab für verschiedene Brunnen nicht verwenden lassen, weil dieselben sämmtlich je nach localen Einflüssen in anderem Maasse im Wasser auftreten und so keine einheitliche Deutung ihrer Mengenverhältnisse zulassen; und ich habe nachgewiesen, dass es aus diesem Grunde durchaus unzulässig ist, ein Wasser mit dem einer anderen Oertlichkeit in Relation zu setzen, wenn nicht die localen Bedingungen die völlig gleichen sind.

Dennoch aber wird es möglich sein, gewisse Aufschlüsse zu bekommen, wenn man jene störenden verschiedenartigen örtlichen Einflüsse möglichst zu eliminiren sucht.

Dies kann einmal dadurch geschehen, dass man mit grossen Durchschnittszahlen operirt; es müssen sich alsdann nothwendig die einzelnen Differenzen zum Theil ausgleichen; ferner aber auch dadurch, dass man die wesentlichsten der einwirkenden Factoren je nach ihrem Werthe möglichst in Rechnung setzt.

Letzteres führt dann auch zu dem dritten Wege, auf dem durch Trinkwasseruntersuchungen hygienisch wichtige Aufschlüsse zu erlangen sein werden. Man wird nicht umhin können, ausser dem Wasser in der Folge auch die übrigen Verhältnisse einer inficirten Localität aufs Eingehendste zu erforschen, wenn man das Wesen der localen Disposition zu Infectionskrankheiten ergründen will. Ich habe oben bereits gezeigt, wie in vielen Fällen durch die Wasseranalysen die Aufmerksamkeit auf bestimmte Boden- und Grundwasserverhältnisse gelenkt werden; hier kann also die Trinkwasseruntersuchung der Erforschung der übrigen einer Localität eigenthümlichen Verhältnisse hilfreich zur Hand gehen und so zur Erweiterung unserer Kenntnisse beitragen.

Ich habe im Folgenden die Vergleichung grosser Durchschnittszahlen von verschiedenen Oertlichkeiten als eine der vorläufig aussichtsvollsten Methoden an einer Reihe von Städten durchzuführen versucht.

Praktisch und theoretisch gleich interessant ist gegenwärtig die Frage nach dem Zusammenhang zwischen der Anhäufung von animalischen Abfallsstoffen im Wasser und Boden und der Verbreitung der Infectionskrankheiten. Ich habe es daher für wünschenswerth erachtet, zunächst diese Beziehung einer eingehenden Untersuchung zu unterwerfen.

Als vollgiltigsten Repräsentanten jener sogenannten Stadtlaugenstoffe habe ich, entsprechend der vorausgegangenen Darlegung, das Cl gewählt; nur wo die veröffentlichten Analysen lediglich einzelne andere Bestandtheile boten, sind auch diese zum Vergleich herangezogen.

Da weder die extremen Zahlen noch die Durchschnittsziffern ein richtiges Bild von der Beschaffenheit der Brunnenwässer einer

Stadt geben können, habe ich dieselben je nach ihrem Cl-Gehalt in vier Gruppen getheilt und ausgerechnet wie viel Procent der analysirten Wässer jeder dieser Gruppen angehören; auf diese Weise lässt sich am sichersten der Einfluss der Extreme fernhalten.

Der Zusammenstellung der Wasserbeschaffenheit verschiedener Städte habe ich dann die Intensität des Typhus, als Repräsentanten der Infectionskrankheiten, gegenübergestellt.

Die so erhaltenen Zahlen sind folgende:

A. Chlorgehalt im Brunnenwasser der Städte:

	Zahl der untersuchten Brunnen	Darunter waren mit einem Cl-Gehalt von I 0—100	II 100—300	III 300—500	IV über 500	Die Brunnen der Gruppe I	II	III	IV
		Milligramm im Liter				machen % der untersuchten Brunnen aus			
Magdeburg[1]	56	1	18	19	18	2	32	34	32
Leipzig[2]	90	18	68	3	1	20	76	3	1
Hannover[3]	74	19	50	5	—	26	67	7	0
Dresden[4]	76	23	49	4	—	30	64	6	0
Prag[5]	28	10	16	2	—	36	57	7	0
Bonn[6]	46	20	26	—	—	43	57	0	0
Berlin[7]	25	11	13	1	—	44	52	4	0
Breslau[8]	44	23	21	—	—	52	48	0	0
Barmen[9]	51	28	23	—	—	55	45	0	0

1) Verhandl. d. Ver. f. öff. Ges. in Magdeburg. I. Knoll, Technische Analysen von 56 Brunnen.

2) Langbein, Chemische Untersuchungen über die Wässer Leipzigs. L. 1868. — Bach l. c. — Eigene Untersuchungen.

3) F. Fischer, Das Trinkwasser etc. Hannover 1873. Bericht über die öffentlichen und Schulbrunnen. Hann. 1873. — Brandes, Bericht etc. ibid. 1873.

4) Die Dresdener Trinkwasserfrage, von dem Ausschuss des ärztlichen Zweigvereins. Dresden 1868. — Sussdorf, im Bericht über die Wasserversorgung Dresdens von Fölsch. Dresden 1864.

5) Popper, Die künftige Wasserversorgung Prags. Prag 1877.

6) Finkelnburg, Lent's Zeitschr. II, 25.

7) O. Reich, Die Salpetersäure im Brunnenwasser. Berlin 1869.

8) Fuchs, Breslau's Trinkwasser. Breslau 1867.

9) Bulk, Lent's Zeitschr. V. S. 46.

	Zahl der untersuchten Brunnen	Darunter waren mit einem Cl-Gehalt von I 0—100	II 100—300	III 300—500	IV über 500	Die Brunnen der Gruppe I	II	III	IV
		Milligramm im Liter				machen % der untersuchten Brunnen aus			
Dorpat[10]	127	78	39	9	1	61	31	7	1
Coblenz[11]	56	36	20	—	—	64	36	0	0
Berlin[12]	178	118	60	—	—	66	34	0	0
Wernigerode[13]	72	52	18	—	2	72	25	0	3
Bern[14]	21	20	1	—	—	95	5	0	0
Basel[15]	18	18	—	—	—	100	0	0	0
Carlsruhe[16]	10	9	1	—	—	90	10	0	0
Hamburg[17]	10	7	2	1	—	70	20	10	0
Fürth[18]	6	1	3	2	—	17	50	33	0
Weimar[19]	6	5	1	—	—	83	17	0	0
Eisenach[19]	6	3	3	—	—	50	50	0	0
Königsberg[20]	6	1	5	—	—	17	83	0	0
Heidelberg[21]	2	1	1	—	—	50	50	0	0
Halberstadt[22]	2	—	2	—	—	0	100	0	0
Nürnberg[23]	1	—	1	—	—	0	100	0	0

10) C. Schmidt, Die Wasserversorgnng Dorpats. I, 1863 und II, 1876.

11) Zwick, Lent's Zeitschr. III. S. 214.

12) A. Müller, in: Reinigung u. Entwässerung Berlins. Heft XII. Berl. 1874.

13) Wockowitz, Wernigerode's Trinkwasser. Wernigerode 1873.

14) Aeby, Journ. f. prakt. Chemie. V.

15) Göppelsröder, Ueber die chem. Besch. von Basel's Grund-, Bach-, Fluss- und Quellwasser. Basel 1867.

16) Weltzien l. c.

17) Wibel l. c.

18) Langhans l. c.

19) Reichardt, Grundlagen zur Beurtheilung d. Trinkwassers. Jena 1872.— Die chemischen Untersuchungen der Brunnen- und Quellwasser. Darmstadt 1871.

20) Die Choleraepidemieen in Königsberg. Bericht etc. von Dr. Schiefferdecker. Königsberg 1868. S. 170.

21) List, Studien zur Statistik der Wasser. Heidelberg 1873.

22) Sachs, Ueber die Wasserleitung in Halberstadt. Viertelj. f. öffent. Ges. VIII. S. 454.

23) Die sanitären Verhältnisse der Stadt Nürnberg. Nürnberg 1877.

B. Salpetersäuregehalt im Brunnenwasser der Städte:

	Zahl der untersuchten Brunnen	Darunter waren mit einem N_2O_5-Gehalt von (Milligramm im Liter) I 0—100	II 100—300	III über 300	Die Brunnen der Gruppe (machen % der untersuchten Brunnen aus) I	II	III
Erfurt [24] . .	52	48	4	—	91	9	0
Basel [25] . . .	23	16	5	2	70	22	8
München [26] .	12	3	7	2	25	58	17
Stettin [27] . .	19	15	4	—	79	21	0
zum Vergleich:							
Leipzig [28] . .	33	3	25	5	9	76	15
Magdeburg [29] .	56	4	12	40	7	21	72

C. Menge des Trockenrückstandes im Brunnenwasser der Städte:

	Zahl der untersuchten Brunnen	Darunter waren mit einem Gehalt von (Milligramm im Liter) I 0—500	II 500—1000	III 1000—2000	IV über 2000	Die Brunnen der Gruppe (machen % der untersuchten Brunnen aus) I	II	III	IV
Basel [30] . .	129	44	70	15	—	34	54	12	—
München [31] .	37	1	27	9	—	3	73	24	—
Erlangen [32] .	84	32	44	7	1	38	52	9	1
Halberstadt [33]	11	—	—	3	8	0	0	27	73
Stockholm [34] .	14	0	5	7	2	0	36	50	14
zum Vergleich:									
Hannover [35] .	70	0	24	42	4	0	34	60	6

24) Axmann, Zur Wasserfrage. Erfurt 1871. S. 15. 25) Göppelsröder, in: Verhandl. der Baseler naturforsch. Gesellsch.Bd. IV u. V. — Vergl. auch: Socin, Typhus, Regenmenge und Grundwasser in Basel. Basel 1871. — A. Müller, Ueber das Grundwasser und die Bodenverhältnisse der Stadt Basel. Basel 1867. 26) A. Wagner, Zeitschr. f. Biologie VII, 316. 27) in: Reich, Die Salpetersäure etc. Berl. 1869. 28) Eigene Untersuchungen. 29) Knoll l. c. 30) s. sub 15. 31) Wagner u. Aubry, Zeitschr. f. Biologie II, 289; III, 86; VI, 285; IX, 145. 32) Schnitzer l. c. 33) Sachs l. c. 34) A. Müller, Zur Geschichte der Brunnenwässer grosser Städte. Journ. f. prakt. Chemie 1861. S. 465. 35) s. sub 3.

D. Die Zahl der am Typhus Gestorbenen betrug:

		auf 100 Gestorbene desselben Jahres	auf 100 Einwohner
Berlin [1–4]	1854—1861	3.82	—
	1862—1871	2.60	—
	1864	2.5	0.078
	1865	3.5	—
	1867	2.7	0.077
	1868	3.2	0.115
	1869	2.5	0.078
	1870	2.7	0.100
	1871	2.4	0.093
	1872	4.3	0.144
	1873	2.1	0.068
	1874	1.8	0.058
Dresden [5]	1859	4.9	0.144
	1860	3.4	0.096
	1861	6.9	0.205
	1862	4.1	0.115
	1863	2.4	0.075
	1864	2.3	0.069
	1865	2.1	0.063
	1866	2.7	0.084
	1867	2.4	0.074
Breslau [6]	1864	4.0	—
	1865	4.0	—
	1867	3.4	—
	1868	3.8	—
	1869	5.4	0.190
	1870	2.0	0.095
	1872	2.6	0.095
Frankfurt [7]	1851—1862	—	0.080
	1863	—	0.070
	1868	3.3	—
	1869	2.0	—
	1870	4.2	—
	1871	3.2	—
	1872	2.9	0.063
	1873	3.0	0.058

1) Virchow-Hirsch Jahresbericht, Abschnitt: medicinische Geographie und Statistik von Prof. Hirsch. 2) Monatsblätter für medicinische Statistik, Beilage zur Deutschen Klinik. 3) Zuelzer, Studien zur vergleichenden Sanitäts-Statistik, in: Beiträge zur Medicinal-Statistik. II. Stuttgart 1876. S. 27—74. 4) Zuelzer, Die Verbreitung des Ileo- und Flecktyphus in Berlin. Berlin 1870. 5) Die Dresdener Trinkwasserfrage. Vom Ausschuss des ärztlichen Zweigvereins. Dresden 1868. S. 37. 6) s. sub 1 und 2. 7) s. sub 1 und 2.

		auf 100 Gestorbene desselben Jahres	auf 100 Einwohner
Stuttgart[8])	1869	2.8	0.075
	1870	2.3	0.062
	1871	2.3	0.064
	1872	3.9	0.097
	1873	2.0	0.050
München[9])	1855—60	7.53	—
	1861—67	5.24	—
	1868—75	3.39	—
	1852—59	—	0.242
	1860—67	—	0.166
	1855—59	—	0.257
	1863—67	—	0.182
	1856—61	—	0.212
	1862—67	—	0.184
Basel[10])	1830—73	6.7	ca 0.25
	1858	16.5	0.37
	1859	9.7	0.23
	1860	11.7	0.25
	1861	10.3	0.23
	1862	9.5	0.19
	1863	5.0	0.12
	1864	4.9	0.12
	1865	20.0 (!)	0.60 (!)
	1866	17.8	0.49
	1867	7.7	0.18
Erfurt[11])	1849—68	5.0	0.18
Prag[12])	1871, 72, 73	2.0	—
Hannover[13])	1874, 75, 76	—	0.035
Leipzig[14])	1853—76	—	ca. 0.04
	1872	1.0	0.018
	1873	0.5	0.012
	1874	0.3	0.009

8) s. sub 1 und 2.

9) s. sub 1. — v. Pettenkofer, Vierteljahrsschr. f. öff. Ges. VI, 233 ff.

10) Hagenbach, Epidemiologisches aus Basel, Jahrb. für Kinderheilkunde. IX, 1. S. 46 ff.

11) Wolff, Der Untergrund und das Trinkwasser der Städte. Erfurt 1873. — Axmann l. c.

12) s. sub 1.

13) Becker, Verh. d. Ver. f. öff. Ges. zu Hannover. II. Hannover 1877.

14) s. sub 3 und nach Berechnungen des Dr. Bahrdt.

Weniger ausführliche Angaben finden sich für: Heidelberg[15]) (= 0.075% d. Einw.), Ulm[15]) (= 4.3% d. Mort.), Hamburg[16]) (= 0.112% d. Einw.), Augsburg[17]) (= 10% der Kranken im Krankenhause sind Typhen), Wiesbaden[18]) (= 0.07% d. E.), Danzig[19]), Chemnitz[19]), Wien[18]), Bern[20]), Nürnberg[21]). Vergl. ferner die Zusammenstellung für grössere Städte in Wolffhügel's Aufsatz in Vierteljahrsschr. f. öff. Ges. VIII. S. 534 und C. Majer, in: Beiträge zur Medicinal-Statistik. Stuttgart, Enke 1875. I. S. 24 (ohne Quellenangaben).

Aus den hier mitgetheilten Tabellen geht zunächst mit Gewissheit hervor, dass die Unterlagen für eine Untersuchung, wie ich sie beabsichtige, noch ausserordentlich mangelhaft sind. Ich habe trotzdem das wenige brauchbare Material zusammenzustellen unternommen, weil es dem Einzelnen doch nicht möglich ist, eine nur annähernde Vollständigkeit zu erreichen, sondern hierzu ein Verfügen über Mitarbeiter und Hilfsquellen gehört. Eine grosse Reihe von Analysen müssen noch gemacht werden, ehe dieselben genügen, um ein richtiges und vergleichbares Bild von dem Zustand der städtischen Brunnenwässer zu geben; eine umfassende und eingehende Statistik muss die Typhusmortalität in verschiedenen Orten für den Durchschnitt vieler Jahre nach einheitlichen Gesichtspunkten möglichst sicher festzustellen; das Alles ist dem Einzelnen nicht möglich, und gegenüber diesem grossen noch zu beschaffenden Material konnte die oben gegebene Zusammenstellung nichts liefern, als einen Vorversuch, der die Lücken zeigt, die in der Folge durch methodisches Arbeiten auszufüllen sind. Freilich wird dies erst dann möglich sein, wenn Fonds und Laboratorien denen zu Gebote stehen, die sich mit solchen Fragen beschäftigen; das theoretische Interesse, welches die Wissenschaft an der Lösung hygienischer

15) s. sub 2.
16) Viertelj. f. öff. Ges. VIII, 716.
17) Diruf, Bayer. ärztl. Intelligenzblatt 1869.
18) s. sub 1, 2 und 3.
19) Flinzer, Mitth. des statistischen Bureaus der Stadt Chemnitz. Heft 1—3.
20) Vogt l. c. S. 44 und 45.
21) Die sanitären Verhältnisse der Stadt Nürnberg. Nürnberg 1877. S. 35, und s. sub 3 und 17.

Aufgaben hat, spricht sich für den Staat und die Gemeinden in greifbaren praktischen Vortheilen aus, und der Gedanke liegt daher nicht ferne, dass bald auch diesen Arbeiten eine Unterstützung gewährt wird, über die andere theoretische und praktische Disciplinen in so reichem Maasse verfügen.

Die Mängel der oben gegebenen Zusammenstellung betreffen zunächst die Zahlen der Wasseranalysen.

Um irgend welche Schlüsse aus der Vergleichung ziehen zu können, ist es vor Allem nöthig, dass ein möglichst grosser Bruchtheil aller vorhandenen Brunnen einer Stadt untersucht ist; andernfalls ist es nicht denkbar, dass die früher geschilderten verschiedenartigen Einflüsse, die auf die Beschaffenheit des einzelnen Wassers wirken, einigermassen verwischt werden. Ferner müssen Extreme möglichst vermieden werden; es dürfen nicht in der einen Stadt nur öffentliche, in der anderen nur die meist viel unreineren Privatbrunnen untersucht werden; ebenso können nicht dichtbewohnte Theile der Altstadt mit wenig bebauten Vorstädten verglichen werden etc. Aus der gegebenen Zusammenstellung werde ich daher nur die vorangestellten aus zahlreichen Analysen gewonnenen Ziffern für den Vergleich mit der Typhusmortalität benutzen.

Auch in Bezug auf letztere konnte ich wenig brauchbare Unterlagen finden. Die statistische Literatur ist so ausserordentlich schwer zugänglich, dass nur mühsam überhaupt Zahlenangaben zu beschaffen sind; diese aber sind dann wiederum oft auf ganz verschiedene Weise gewonnen, aus anderen Gesichtspunkten zusammengestellt und in den meisten Fällen nicht hinreichend lange Zeit fortgeführt. Am häufigsten findet man das Procentverhältniss zur Gesammtsterblichkeit angegeben; bei der grossen Differenz der letzteren Ziffer für die verschiedenen Städte und bei dem starken zeitlichen Schwanken derselben in jeder Stadt ist hierdurch entschieden nur schwer eine vergleichbare Basis zu erhalten. So z. B. kamen in Breslau im Jahre 1865 und 1866 je 231 und 290 Typhustodesfälle vor; 1865 betrug die Sterblichkeit 5767 Todesfälle, 1866 aber in Folge der Choleraepidemie, die 4281 Opfer forderte, 10,517 Todesfälle; obwohl also die Typhusbewegung in der Stadt sich in beiden Jahren beinahe gleich blieb, berechnet sich das Procent-

verhältniss zur Mortalität für 1865 zu 4%, dagegen 1866 zu 2.8%. Eine richtigere Anschauung wird die Zusammenstellung nach dem Procentverhältniss der Einwohnerzahl geben, obwohl auch dieses noch nicht völlig den Anforderungen genügt, die an eine tadellose statistische Vergleichsbasis zu stellen sind.

Trotzdem also nur mit grosser Vorsicht Schlüsse irgend welcher Art aus der gegebenen Tabelle gezogen werden dürfen, so sind dieselben doch geeignet, ein unerwartetes Resultat erkennen zu lassen.

Man ist bisher geneigt gewesen, es für eine fest erwiesene Wahrheit anzusehen, dass mit dem Gehalt des Trinkwassers an animalischen Abfallsstoffen die Typhusbewegung zusammengehe, mag man nun dem sogenannten schlechten Wasser selbst die schädliche Wirkung zuschreiben oder nur den Zustand der Localität nach der Unreinheit des Wassers beurtheilen.

Ausser durch die vielfachen Einzelfälle, die eine solche Coincidenz zu erweisen scheinen, ist jener Glaube auch noch durch verschiedene Beobachtungen über das Verhalten ganzer Städte bestärkt worden.

So kam Förster[1]) bei einer Untersuchung über das Trinkwasser und die Sterblichkeit einiger Städte zu dem Resultat, dass Orte mit Wasserleitungen eine Immunität gegen Cholera bewiesen haben gegenüber anderen Städten, die ihr Wasser dem verunreinigten Grundwasser entnehmen.

Gerade die Cholera eignet sich aber schlecht zu solchen Erhebungen; es giebt noch eine sehr grosse Anzahl von Städten, die bisher von den Wanderzügen dieser Seuche verschont geblieben sind; es ist natürlich, dass unter diesen auch eine erhebliche Anzahl solcher sich befindet, die mit Wasserleitungen versehen sind. Aber ebenso leicht lässt sich eine grössere Anzahl Städte anführen, die trotz der Benutzung gegrabener Brunnen immun geblieben sind, und dann auch wieder eine Reihe von Orten mit untadelhaften Wasserleitungen, die aufs Schwerste von Epidemieen betroffen sind. Ausserdem führt Förster besonders solche kleinere Städte an, die

---

1) Förster, Die Verbreitung der Cholera durch die Brunnen. Breslau 1873. — Zeitschr. f. Epidem. 1874. S. 81.

schon seit längerer Zeit mit von aussen hergeleitetem Wasser versehen sind; es ist sicher anzunehmen, dass hier nicht eine besonders frühzeitig entwickelte Vorliebe für Wasserleitungen, sondern die zwingende Nothwendigkeit zu den kostspieligen Anlagen getrieben hat; es müssen Besonderheiten der Bodenformation und wahrscheinlich solche, die mit einem Fehlen des Grundwassers verbunden sind, vorhanden gewesen sein. Damit ist aber eine Differenz gegenüber disponirten Localitäten gegeben, die nach der Ansicht Vieler schon an und für sich zur Erklärung der Immunität genügt. Mehr Beweiskraft scheinen die Fälle zu haben, in denen eine Stadt Infectionskrankheiten ausgesetzt war, so lange sie schlechtes Brunnenwasser genoss, dann aber relativ frei blieb, wenn eine Wasserversorgung mit reinem Wasser an die Stelle getreten war. Die bekannten Zusammenstellungen der Mortalität an Infectionskrankheiten in englischen Städten vor und nach Einführung der sanitären Reformen haben daher einen sehr wesentlichen Einfluss auf den Glauben an die Gefährlichkeit unreinen Trinkwassers ausgeübt. In den meisten jener Städte handelte es sich aber stets nicht um Einführung einer Wasserleitung allein, sondern um eine ganze Summe hygienischer Reformen und ausserdem um jenes neu erwachende thatkräftige Interesse für Förderung gesunder Zustände und gesunder Lebensweise, die steter Begleiter solcher Reformen zu sein pflegt. Daher ist bei diesen Mortalitätsvergleichungen gar nicht zu ermessen, wie viel der Verbesserung der Zustände auf Rechnung des reineren Wassers allein zu setzen ist. Andererseits hat es nicht an Beispielen gefehlt, die der Ansicht von der Abhängigkeit der „vermeidbaren“ Krankheiten von schlechtem Wasser direct widersprachen. So hatten München, Roveredo, Bern die stärksten Typhusepidemieen gerade nach Einführung guter Wasserleitungen.

Die oben gegebene Zusammenstellung ist nun ebenfalls nur geeignet, gegen jene Anschauung von der Gefährlichkeit schlechten Wassers zu sprechen. Berücksichtigt man nur die Städte, von denen das relativ beste Material vorliegt, so findet man einerseits ein besonders schlechtes Wasser in Magdeburg, Leipzig, Hannover; besonders gutes in Basel, München, Erfurt; dazwischen gruppiren sich Dresden, Berlin, Breslau, Coblenz.

Nun sind aber Leipzig und Hannover diejenigen unter den aufgeführten Städten, in denen am wenigsten Typhus vorkommt; Basel ist die typhusreichste Stadt, München und Erfurt schliessen sich dieser an; Breslau, Berlin, Dresden stehen auch hier in der Mitte. Eine genauere Statistik Magdeburgs war mir nicht zugänglich; ich werde jedoch weiter unten noch einiges über die dortigen Verhältnisse erwähnen.

Gerade dies Correspondiren der entgegengesetzten Extreme muss sehr auffallen; es würde gewagt sein, aus den Zahlen für die Städte der mittleren Gruppe irgend weitergehende Schlüsse zu ziehen, weil bei den kleineren Differenzen die bedeutende Menge von Fehlerquellen zu sehr ins Gewicht fallen muss. Wenn aber gerade die kleinsten Ziffern der einen Tabelle mit den grössten der anderen Tabelle zusammenfallen, so beweist dies sicher, dass zwischen beiden Zahlenreihen keine Proportionalität besteht.

Daraus scheint weiter hervorzugehen, dass jedenfalls auch keine Abhängigkeit der Typhusfrequenz einer Stadt von dem Grade der Verunreinigung der Brunnen mit animalischen Abfallsstoffen stattfindet, und dies würde bedeuten, dass erstens der Genuss sogenannten schlechten Trinkwassers nicht in besonderer Weise zum Typhus disponirt, ebensowenig aber der Grad der Bodenverunreinigung mit Abfallsstoffen, soweit derselbe durch die Beschaffenheit des Trinkwassers angezeigt wird. Vielmehr hat es den Anschein, als ob gerade das relative Freibleiben des Wassers von Immunditien eine gewisse Disposition für Typhus schaffe.

Die schwer wiegenden Einwände jedoch, die gegen die oben gegebene, vorläufige und in vieler Beziehung mangelhafte Zusammenstellung erhoben werden können, lassen diese Folgerungen nicht ohne Weiteres als hinreichend berechtigt erscheinen, sondern müssen zu dem Versuch auffordern, ob nicht ein Vergleich zwischen Trinkwasserbeschaffenheit und Typhusmortalität unter leichter übersehbaren Verhältnissen anzustellen ist.

Dies wird vor Allem dann möglich sein, wenn man in einer Stadt, die in verschiedenen Quartieren sehr ungleichmässige Typhusfrequenz zeigt, den Grad dieser mit der Beschaffenheit des in denselben Stadttheilen benutzten Trinkwassers zusammenstellt.

Auch derartige Untersuchungen sind bereits früher in Bezug auf einige Infectionskrankheiten angestellt. So von Reich, der die Cholerasterblichkeit in Berlin im Jahre 1866 mit dem Gehalt der Brunnen an Salpetersäure verglich und zu dem Schlusse kam, dass die Choleramortalität zunimmt mit dem steigenden Salpetersäuregehalt der Brunnen, (freilich trat diese Proportionalität nur dann hervor, wenn Reich die Schwabe'sche Cholerakarte zu Grunde legte, aber nicht, wenn er die Sterblichkeit der einzelnen Polizeireviere zum Vergleich nahm). Ferner hat Bulk[1]) zu zeigen versucht, dass bei der Ruhrepidemie in Barmen 1875 in den betroffenen Stadttheilen die Erkrankten durchgehend auf schlechteres Wasser angewiesen waren, als der übrige Theil der Bevölkerung.

Diese Beobachtungen sind für sich allein noch nicht genügend, um eine Gesetzmässigkeit zu erweisen; manche Einwände lassen sich gegen die zur Analyse gewählten Bestandtheile, gegen die Art der Statistik etc. erheben; es ist das selbstverständlich bei derartigen ersten Versuchen einer neuen Methode. Jedenfalls liefert aber jede dieser Arbeiten ein Material, das, vermehrt und gesichtet, eine brauchbare Unterlage für wichtige Folgerungen bilden muss.

Ich habe versucht, in ähnlicher Weise eine Vergleichung von Typhusverbreitung und Beschaffenheit des Trinkwassers für die Stadt Leipzig durchzuführen.

Hierzu war mir die Gelegenheit geboten durch eine mühevolle und sorgfältige Arbeit des Herrn Dr. Bahrdt, von deren demnächst zu veröffentlichenden Resultaten derselbe mir gütigst einige im voraus mitgetheilt hat. Als Ausgangspunkt dienten Dr. Bahrdt 1417 in der Stadt Leipzig vorgekommene Typhusfälle, die innerhalb 24 Jahren im Jacobshospital zur Behandlung gelangt waren. Bei jedem dieser Fälle war die Wohnung, in der die Infection stattgefunden hatte, genau registrirt. Nach den erhaltenen Angaben vertheilte Dr. Bahrdt sämmtliche Typhuskranke auf die einzelnen Strassen Leipzigs, und mit Zuhilfenahme der Einwohnerzahl derselben berechnete er das Procentverhältniss der Erkrankungen für jede Strasse. Es ergaben sich hierbei sehr grosse Differenzen, und

1) Lent's Zeitschrift 1876.

zwar zeigten sich constant einige Strassen sehr stark ergriffen, während die gesammte übrige Stadt einen auffallend geringen Procentsatz an Typhuserkrankungen aufwies. Die ungünstigste Strasse war die Gerberstrasse; hier waren 0.87% der Bewohner am Typhus erkrankt; ferner zeigten sich noch ziemlich stark ergriffen: Brühl (0.79%), Ranstädter Steinweg, kleine Fleischergasse, An der Pleisse; in den übrigen Strassen fanden sich nur vereinzelte Fälle, so Nürnbergerstrasse (= 0.22%), Sternwartenstrasse (0.21%), Friedrichstrasse (0.29%). In der Publication des Dr. Bahrdt werden diese vorläufigen Angaben ihre Vervollständigung finden.

Man könnte einwenden, dass die im Hospital behandelten Fälle kein Bild der Erkrankungen in der Stadt geben können; es scheint dies jedoch an den meisten Orten durchaus der Fall zu sein (cf. z. B. München); immerhin aber kommen derartige Einwände nur in Betracht gegenüber geringeren Zahlenschwankungen; dass die Gerberstrasse den weitaus wesentlichsten Herd der Typhuserkrankungen für Leipzig bildet, wird sicher nicht durch eine Ausdehnung der Beobachtung auf die Typhuserkrankungen der ganzen Stadt alterirt werden.

Im Folgenden gebe ich nun den durch mehrfache Analysen ermittelten durchschnittlichen Cl-Gehalt der Leipziger öffentlichen Brunnen:

	Gramm Cl im Liter		Gramm Cl im Liter
Gerberstrasse 15	0.050	Antonstrasse 1	0.106
Gerberstrasse 44	0.053	Antonstrasse, Mitte	0.106
Hohestrasse 37	0.060	Hospitalstrasse 5	0.106
Nicolaistrasse 23	0.071	Hellische Gasse 17	0.110
Mittelstrasse 6	0.071	Ulrichsgasse 55	0.113
Schützenstrasse 17	0.071	Hospitalstrasse 33	0.117
Nordstrasse 10	0.074	Poststrasse 3	0.117
Gerberstrasse 7	0.078	Reichsstrasse 47	0.117
Nordstrasse 34	0.078	Rossstrasse 4	0.120
Marienplatz	0.078	Rossplatz 2	0.120
Augustusplatz (Bettelbrunnen)	0.092	Hainstrasse	0.120
Querstrasse 7	0.092	Reudnitzerstrasse	0.120
Eisenbahnstrasse 5	0.095	Nürnbergerstrasse 63	0.120
Grimmaischer Steinweg	0.103	Königsstrasse 3	0.125
Brühl, Westecke	0.106	Langestrasse 40	0.125
Altes Theater	0.106	Brühl 23	0.125
Salomonstrasse 18	0.106	Brühl 9	0.131

	Gramm Cl im Liter		Gramm Cl im Liter
Reudnitzerstrasse 9 . . .	0.131	Poststrasse	0.190
Ritterplatz	0.135	Catharinenstrasse	0.190
Dresdenerstrasse	0.135	Klostergasse	0.190
Löhrsplatz	0.135	Nicolaistrasse 5	0.192
Zeitzerstrasse 27	0.142	Neukirchhof 18	0.195
Augustusplatz (Post) . . .	0.142	Windmühlenstrasse 15 . .	0.202
Erdmannsstrasse	0.142	Ulrichsgasse 14	0.205
Marienstrasse 16	0.149	Augustusplatz, Westseite .	0.220
Alexanderstrasse . . .	0.149	Windmühlenstrasse 5 . . .	0.222
Universitätsstrasse	0.152	Naschmarkt	0.222
Augustusplatz, Ostseite . .	0.152	Bayrischer Bahnhof . . .	0.224
Antonstrasse	0.157	Thomaskirchhof 19 . . .	0.225
Brühl 38	0.159	Thomaskirchhof 4	0.225
Burgstrasse 21	0.159	Neumarkt 12	0.236
Magazingasse	0.160	Lindenstrasse 2	0.238
Lortzingstrasse	0.161	Petersstrasse 8	0.238
Neukirchhof 14	0.161	Neumarkt 1	0.266
Neukirchhof 1	0.163	Marktplatz	0.280
Carolinenstrasse	0.166	Friedrichstrasse	0.287
Georgstrasse 3	0.166	Glockenstrasse 8	0.288
Gr. Fleischergasse . . .	0.167	Parkstrasse 5	0.288
Petersteinweg	0.178	Ulrichsgasse 28	0.290
Bayersche Strasse	0.181	Webergasse	0.310
Petersstrasse 17	0.188	Magazingasse	0.311
Mühlgasse	0.188	Karlstrasse 9	0.336
Gerichtsweg	0.188	Sternwartenstrasse 23 . . .	0.391
Ritterstrasse 3	0.189	Nürnbergerstrasse 26 . . .	0.541

In der Gerberstrasse findet sich demnach das reinste Wasser; auch die Gegend des relativ stark ergriffenen Brühl zeigt verhältnissmässig gutes Wasser, ebenso die kl. Fleischergasse (Klostergasse und Neukirchhof); die wenigst ergriffenen Strassen, Nürnberger-, Sternwarten-, Friedrichstrasse haben dagegen ein ausserordentlich stark verunreinigtes Wasser. Wie weit diese Congruenz geht, lässt sich am besten ersehen, wenn Typhusfälle und Cl-Gehalt des Wassers auf einer Karte markirt werden; fast überall decken sich alsdann Typhusanhäufungen mit Brunnen der besseren Gruppe.

Die letztgenannten immunen Quartiere der Friedrich- und Sternwartenstrasse gehören ausserdem zu den dichtestbewohnten, ärmlichsten und schmutzigsten der Stadt.

Die Gerberstrasse hat sich durch die Güte des Wassers aus-

gezeichnet, so lange Analysen der städtischen Brunnen existiren. Dies bestätigen schon die Analysen Daehne's[1]) aus dem Jahre 1783, dann die Untersuchungen Langbein's[2]) und Bach's[3]).

Wir kommen hier also wieder zu demselben Befunde, der sich aus der Vergleichung verschiedener Städte ergab, dass gerade die besonders zu Typhus disponirten Localitäten sich durch ein vorzugsweise reines, von thierischen Abfallstoffen freies Wasser auszeichnen.

Zu demselben Resultat führen noch einige andere in der Literatur vorliegende Angaben.

So führt Port[4]) an, dass die alte und neue Isarkaserne, in denen das reine Wasser der Thalkirchner Leitung gebraucht wurde, heftigen Typhusepidemieen ausgesetzt waren, während in der Salzstadel- und Max II-Kaserne, die am wenigsten vom Typhus zu leiden haben, das verunreinigte Grundwasser genossen wird. Eine Vergleichung der bayerischen Garnisonsorte in Bezug auf Typhusfrequenz und Trinkwasserbeschaffenheit soll nach mündlicher vorläufiger Mittheilung Dr. Port's ein ganz entsprechendes Resultat ergeben haben.

Endlich giebt noch die in Magdeburg zur Zeit der Choleraepidemie von 1873 gemachte Beobachtung, dass ein Choleraherd gerade da zu entstehen pflegte, wo die Analyse die relativ besseren Wasser nachwies[5]), von einer ähnlichen auffallenden Congruenz Kenntniss.

Aus allen diesen übereinstimmenden und sich ergänzenden Beobachtungen wird man nun allerdings mit vollem Rechte einige ganz bestimmte Consequenzen ziehen dürfen.

Zunächst die, dass die Ausbreitung des Typhus nicht abhängig ist von dem Grade der Wasserverunreinigung mit thierischen Abfallstoffen, soweit diese durch den Cl-Gehalt des Wassers angezeigt wird.

Die Einzelfälle, in denen bisher aus dem Zusammenfallen von stark verunreinigten Wässern mit dem Vorkommen des Typhus auf eine causale Beziehung zwischen beiden geschlossen ist, haben keine

1) De aquis Lipsiensibus. Dissertation. Leipzig 1783.

2) Langbein, Chemische Untersuchungen über die Wässer Leipzigs. Leipzig 1868. S. 4, 14 und 15.

3) Bach l. c. S. 18 und 19.

4) Port, Zeitschr. f. Biologie. VIII. 4. S. 475.

5) Dr. Schreiber, in: Abhandlungen des naturw. Ver. zu Magdeburg. 5. Heft. Magdeburg 1874. S. 31.

Beweiskraft, da eine solche Gesetzmässigkeit nur durch sehr viele positive Zahlen erwiesen werden kann, dagegen vollgiltig widerlegt wird schon durch eine kleine Reihe solcher Zahlen, in denen das stricte Gegentheil einer derartigen Beziehung sich ausspricht.

Weiter folgt hieraus für Diejenigen, die im Trinkwasser selbst eine Verbreitungsursache des Typhus zu sehen geneigt sind, dass die Menge der ins Wasser übergetretenen Immunditien keinen Maassstab giebt für dessen Gefährlichkeit und Schädlichkeit.

Diejenigen dagegen, welche die Disposition einer Oertlichkeit für Typhus in den verunreinigten Boden verlegen, das Trinkwasser aber als Ausdruck dieser Bodenverunreinigung betrachten, würden aus den gegebenen Thatsachen folgern müssen, dass der Grad der Bodenimprägnirung mit thierischen Abfallstoffen ohne Einfluss auf die Verbreitung des Typhus ist; dass vielmehr weit eher ein gesetzmässiges Verhalten in dem Sinne sich auszusprechen scheint, dass gerade der reinere Boden zu Typhus disponirt.

Dieser letzte geradezu paradox klingende und doch scheinbar consequente Schluss führt indessen dazu, die im zweiten Theil der vorliegenden Arbeit gegebene Auseinandersetzung näher zu berücksichtigen, die erwiesen hat, dass das Trinkwasser nicht ohne Weiteres einen richtigen Ausdruck der Bodenbeschaffenheit giebt; und mit Hilfe dieser gelingt es vielleicht, eine Erklärung jener eigenthümlichen Gesetzmässigkeit zu finden.

Es ist gewiss nicht anzunehmen, dass in Basel und München weniger Immunditien den Boden verunreinigen als in Leipzig und Hannover; ebensowenig ist es wahrscheinlich, dass die Gerberstrasse in Leipzig auf reiner gehaltenem Untergrund steht als die übrigen Stadttheile — dafür garantirt der Umstand, dass dort von Alters her der Sitz des Gerbergewerbes ist und dass noch jetzt kleine Häuser mit schmutzigen Höfen den grössten Theil der Strasse bedecken.

Vielmehr muss man zu der Erwägung kommen, ob nicht vielleicht irgend einer der oben erörterten äusseren Einflüsse gemeinsam jene relative Reinheit des Wassers und die Disposition für Typhus in München, Basel, Erfurt etc. bedingt hat.

Als das wesentlichste Moment, das bestimmend auf den Gehalt eines Wassers an verunreinigenden Stoffen wirkt, habe ich die ver-

schieden rasche Grundwasserbewegung resp. die verschiedene Durchlässigkeit des Bodens bezeichnet.

Wir wissen nun durch vielfache Beobachtungen in München und Basel, dass dort ein ganz besonders durchlässiger Boden besteht[1]; lockeres Gerölle von grobem Kies bildet im Allgemeinen das dortige oberflächliche Erdreich. In Leipzig dagegen und ebenso in Hannover und überhaupt den meisten Städten der norddeutschen Ebene scheint ein relativ sehr dichter Boden die wasserführenden Schichten zu bilden. Es liegt demnach die Vermuthung nahe, dass jenes reinere Wasser der zu Typhus besonders disponirten Städte in der lockeren Beschaffenheit des Bodens seinen wesentlichsten Grund hat. Und diese Vermuthung gewinnt um so mehr an Wahrscheinlichkeit, da schon längst durch Pettenkofer's Untersuchungen schwerwiegende Gründe dafür vorgebracht sind, dass die Disposition für Typhus an einen lockeren, leicht durchlässigen Boden gebunden ist, dass dagegen relativ dichter Untergrund eine gewisse Immunität garantirt. Freilich wird es späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben müssen, die Durchlässigkeit der Bodenarten verschiedener Städte nach einheitlichen Maassstab zu bestimmen und den Grad ihrer Einwirkung auf die Constitution der Brunnenwässer festzustellen. Erst damit werden die Unterlagen geschaffen sein, die nöthig sind, um den Beweis für die Richtigkeit dieser Erklärungen zu liefern, die ich jetzt für die eigenthümliche Beziehung zwischen Wasser und Typhus in verschiedenen Städten versucht habe und die vorläufig nur den Werth von Hypothesen haben können.

Es lag nahe, auch für die eigenthümlichen in Leipzig constatirten Verhältnisse eine ähnliche Erklärungsweise heranzuziehen. Hier konnte aber directe Messung eine Prüfung der vermutheten Ursache ermöglichen. Ich stellte an den verschiedensten Brunnen jene Pumpversuche an, in denen ich die Ergiebigkeit eines Brunnens in gewisser Zeit und bei gleicher Niveaudifferenz bestimmte. Durch dieselben konnte ich feststellen, dass in der Gerberstrasse durchaus kein leichter durchlässiges Erdreich war, dass die Grundwasserbewegung sogar etwas mehr Widerstände zu überwinden hatte als an anderen Theilen Leipzigs mit schlechtem Wasser.

1) Vergl. oben.

	Liter pro Minute
Ich fand in der Gerberstrasse eine Ergiebigkeit von	8.0
in der benachbarten Nordstrasse von	9.6
dagegen in der Nürnbergerstrasse von	25.6
in der Sternwartenstrasse von	13.1
in der Karlsstrasse von	16.7
in der Ulrichsgasse von	22.5
in der Nicolaistrasse von	21.3
am Flossplatz von	27.0

Dass also eine grössere Durchlässigkeit der Grundwasser führenden Schichten in der Gerberstrasse die constante Reinheit des Wassers bedingte, konnte ich nach diesen Versuchen nicht mehr annehmen; eine völlige Aufklärung bot sich mir aber bei der Untersuchung der oberflächlichsten Bodenschichten, die innerhalb der letzten Zeit zufällig an mehreren Stellen in Baugruben zu Tage gebracht wurden. In wechselnder Tiefe, zwischen 1 und 3 m., zeigte sich hier eine völlig undurchlässige Lehmschicht; auf dieser fand ich überall sog. oberschichtiges Wasser, das einen Cl-Gehalt von 1 bis 1.2 gr. pro Liter zeigte; die herausgeförderte Erde war von 1—2 Fuss Tiefe an ein schwarzer stinkender Schlamm. Es war hiernach klar, dass die grösste Masse der im Boden versitzenden Verunreinigungen durch diese undurchlässige Schicht von dem darunter befindlichen Grundwasser abgehalten werden musste. Derartige Lehmschichten finden sich im Leipziger Untergrund sehr verbreitet; so ist eine solche in der Nordstrasse, am Löhrsplatz, am Ranstädter Steinweg, an der Hohenstrasse beobachtet worden. Ihr Effect scheint meist der gleiche zu sein: Reinheit der Brunnen und zugleich vermehrte Disposition für Typhus.

Letzterer Einfluss kann ebenfalls nach den Pettenkofer'schen Beobachtungen nicht befremden; schon in der 1865 erschienenen Arbeit über die Verbreitungsart der Cholera sagt Pettenkofer: „Durchschnittlich darf man annehmen, dass unter sonst gleichen Umständen jener Ort oder Ortstheil mehr von der Cholera leiden wird, dessen Oberfläche näher dem Grundwasser liegt.“ Es ist denkbar, dass in dem dichten Boden Leipzigs, der nicht jenen raschen und vollkommenen Wechsel der Durchfeuchtung gestattet

wie eine durchlässige Bodenoberfläche, nur dann die eigenartigen Zersetzungsvorgänge ablaufen können, die zum Typhus disponiren, wenn schon in sehr geringer Tiefe Grundwasseransammlung und Aufhäufung von Abfallstoffen gegeben ist. So weist also auch der auffallende Befund der Leipziger Statistik wiederum auf eine ganz bestimmte locale, in Bodenverhältnissen begründete Disposition zu Infectionskrankheiten hin, die vielleicht später bestimmter erkannt und verwerthet werden wird.

Nicht sowohl der Grad der Imprägnirung des Bodens mit Abfallstoffen scheint nach diesen Resultaten eine Typhuslocalität zu schaffen in dem Sinne, dass der unreine Boden auch die günstigeren Verhältnisse für die Verbreitung des Typhus bietet; sondern es scheint der nöthige Grad der Verunreinigung fast allerorten gegeben zu sein und das local disponirende weit mehr in anderen wesentlicheren Bodeneigenthümlichkeiten zu beruhen, nämlich in seiner Durchlässigkeit und in der Nähe der Grundwasseransammlung unter der Oberfläche.

Ich glaube durch dieses Beispiel einer im Sinne meiner obigen Vorschläge freilich noch sehr unvollkommen durchgeführten Untersuchung gezeigt zu habeu, dass Trinkwasseranalysen allerdings eine ganz bestimmte Bedeutung für die Hygiene gewinnen können. Vor allem werden wir, so lange die schädlichen Bestandtheile selbst uns unbekannt sind, stets unsere Untersuchungen an den gegebenen Krankheitsfall anknüpfen müssen, und zweitens wird eine eingehende Berücksichtigung aller der Verhältnisse nöthig sein, die auf die Zusammensetzung eines Wassers von Einfluss sein können. Auf diese Weise aber muss es dann auch gelingen, allmählich durch die Beobachtung theils zeitlicher, theils örtlicher Differenzen, theils auch durch Rückschlüsse auf andere Eigenthümlichkeiten der Localität fruchtbringende Resultate für die Hygiene zu erzielen.

Es könnte den Anschein haben, als ob der Nachweis, dass der Grad der Boden- und Wasserverunreinigung nicht von so wesentlicher Bedeutung für die Entwicklung von Infectionskrankheiten ist, in gewisser Weise Denjenigen das Wort redete, die sich den modernen Bestrebungen der öffentlichen Gesundheitspflege skeptisch und hindernd in den Weg stellen.

Abgesehen von dem Missverständniss, das in einer solchen Auffassung liegen würde, muss dem gegenüber betont werden, dass die öffentliche Gesundheitspflege bei Ausführung ihrer Reformen wesentlich andere Gesichtspunkte zu verfolgen hat als die wissenschaftliche Hygiene. Entlastung von unangenehmen sinnlichen Eindrücken, Ersparniss von Arbeit, Erziehung zu Reinlichkeit und Comfort, und viele andere Bedürfnisse und Interessen des Volkes sind die Triebfedern, welche die Gemeindeverwaltungen zur Anlage von Kanälen und Wasserleitungen veranlassen werden, lange bevor die Wissenschaft den vollgiltigen Beweis erbracht hat, dass diese Reformen direct erforderlich sind, um Krankheiten zu bannen und das Leben zu verlängern.

Die Wissenschaft selbst aber sollte sich in ihrem Entwicklungsgange nicht beeinträchtigen lassen durch die vorgefassten Meinungen und die Wünsche der Verfechter praktisch wichtiger hygienischer Institutionen. Gerade in der jüngsten der Wissenschaften ist das ganze Gebiet schon so übersäet mit Hypothesen und überlieferten Glaubenssätzen, dass nur durch eine strenge unbefangene Kritik der Boden für exacte, experimentelle Forschung wieder gewonnen werden kann, in der allein sicherlich die Zukunft der Hygiene beruht.

Résumé.

Die bisher angestellten Trinkwasseruntersuchungen verfolgten den Zweck, in bestimmten Stoffen diejenigen nachzuweisen, die ein Wasser schädlich oder zum Symptom einer gefährdeten Localität machen.

Die Analysen richteten sich dabei entweder auf Infectionsstoffe, oder auf specifisch schädliche organische Verbindungen, oder auf die sogenannten „Stadtlaugenbestandtheile".

Die gebräuchlichen Untersuchungsmethoden sind jedoch durchaus ungeeignet, um eine Beziehung zwischen Krankheiten und gewissen Trinkwasserbestandtheilen zu erweisen. Denn

1) die Infectionsstoffe und specifisch schädlichen Substanzen sind rein hypothetischer Natur und vorläufig keiner Analyse zugänglich;
2) die „Stadtlaugenbestandtheile" werden durch die gewöhnlich bestimmten Stoffe nicht repräsentirt. Nur das Cl erscheint hierzu geeignet;

3) die verschiedensten äusseren Einflüsse wirken auf die Constitution eines Wassers in bedeutendem Grade ein und geben den analytischen Befunden eine stets verschiedene Deutung. Diese Einflüsse sind bei den bisherigen Untersuchungen nicht gebührend berücksichtigt;
4) die Feststellung der schädlichen Wirkung eines Wasserbestandtheiles kann nur durch den Nachweis der dadurch hervorgerufenen Krankheit geliefert werden.

   Die meisten der neueren Analysen sind ohne Anschluss an den vorgekommenen Krankheitsfall angestellt und daher ohne hygienische Bedeutung.

Trinkwasseruntersuchungen sind vielmehr nach folgenden Gesichtspunkten vorzunehmen:

1) Die Verschiedenheiten in der Zusammensetzung des Trinkwassers sind zu vergleichen mit den Aenderungen der Morbilität und Mortalität.

   Hier können örtliche oder zeitliche Schwankungen studirt werden.
2) Die auf die Constitution eines Wassers einwirkenden Factoren sind eingehend zu berücksichtigen.

   Dabei können aus der Analyse des Wassers Rückschlüsse auf sonstige Eigenthümlichkeiten der Localität gewonnen werden.

Eine beispielsweise nach solcher Methode angestellte Untersuchung über die Beziehung der sogenannten animalischen Abfallsstoffe, soweit sie durch den Cl-Gehalt eines Wassers repräsentirt werden, mit der Typhusfrequenz, ergiebt, dass sowohl bei einer Zusammenstellung verschiedener Städte, als auch verschiedener Theile einer Stadt (Leipzig) reinstes Trinkwasser mit stärkster Typhusverbreitung und unreinstes Wasser mit wenig Typhus zusammenfällt. Möglicherweise beruht dies darauf, dass der Grad der Bodenverunreinigung keine so wichtige Rolle in der Typhusätiologie spielt, als andere wesentlichere Bedingungen, die zugleich mit besonderer Reinheit des Grundwassers einherzugehen pflegen; solche scheinen z. B. lockerer Boden oder Einlagerung undurchlässiger Schichten zu sein.

Notiz über ein mit Kochsalz imprägnirtes Muskelfleisch.

Von

Max Rubner,

stud. med.

(Aus dem physiologischen Laboratorium zu München.)

Herr Johannes Eckart in München hat zum Zwecke der Conservirung von Fleisch ein eigenthümliches Verfahren in Anwendung gebracht. Er imprägnirt grosse Stücke des frischen Fleisches unter Anwendung eines hohen Druckes in Zeit von 24 Stunden mit einer Kochsalzlösung von etwa 25%. Die vollkommen unverändert aussehenden Stücke, welche nur an der äussersten Peripherie etwas weniger intensiv roth gefärbt sind, werden dann geräuchert und können in diesem Zustande lange ohne Veränderung aufbewahrt werden. Der Geschmack des so präparirten Fleisches ist ein ganz vorzüglicher, ähnlich dem des geräucherten Fleisches. Dasselbe kann die gleiche Verwendung wie das letztere zur Ernährung des Menschen finden; namentlich beabsichtigt Herr Eckart mittels seines Verfahrens Fleisch aus überseeischen Ländern nach Europa zu bringen, und ferner sein Präparat an Stelle des einfach an der Sonne getrockneten ganz abscheulichen sogenannten Charque's zu setzen, der in ungeheuren Mengen aus den La Plata-Staaten nach Panama und Brasilien zur Versorgung der arbeitenden Neger mit Eiweiss versendet wird. In Buenos-Ayres ist schon Fleisch nach Herrn Eckart's Methode hergestellt worden und in völlig geniessbarem Zustande nach München gelangt.

Es schien für die Beurtheilung des Nährwerthes dieses Fleisches von Interesse zu sein, den Gehalt an festen Bestandtheilen und Kochsalz in dem noch nicht geräucherten und in dem geräucherten

Präparate zu bestimmen, und über die bei dem Verfahren in dem Fleische vor sich gehenden Veränderungen Aufschlüsse zu erhalten.

Ich habe zuerst vier Proben des fertigen, geräucherten Fleisches, welches zwei Wochen vorher hergestellt worden war, auf die Menge von festen Bestandtheilen und von Kochsalz untersucht.

1) Probe von Aussen. 3.7315 gr. Fleisch gaben 1.7621 gr. feste Theile.

2) Probe von der Mitte. 4.5286 gr. Fleisch gaben 1.8220 gr. feste Theile. 1.7567 gr. Trockensubstanz enthielten 0.4510 gr. Chlornatrium.

3) Probe von Aussen. 4.5339 gr. Fleisch gaben 1.9616 gr. feste Theile. 1.9204 gr. Trockensubstanz enthielten 0.4469 gr. Chlornatrium.

4) Probe von der Mitte. 5.3520 gr. Fleisch gaben 2.1397 gr. feste Theile. 2.0507 gr. Trockensubstanz enthielten 0.5374 gr. Chlornatrium.

Daraus ergiebt sich:

	% feste Theile	% Wasser	% Kochsalz im trockenen Fleisch	% Kochsalz im geräucherten Fleisch
{ Probe von Aussen . . .	47.22	52.78	—	—
{ Probe von der Mitte . .	40.23	59.77	25.10	10.10
{ Probe von Aussen . . .	43.26	56.74	23.30	10.08
{ Probe von der Mitte . .	39.97	60.03	26.20	10.47
Mittel:	42.67	57.33	24.86	10.22

Das Fleisch hat demnach durch das Imprägniren und Räuchern ansehnlich an Wasser verloren, in den äusseren Schichten durch das Räuchern etwas mehr als in der Mitte; der Kochsalzgehalt ist jedoch durch die ganze Dicke des Fleisches der gleiche.

Um nun den im Fleische bei der Imprägnirung mit Kochsalz stattfindenden Vorgang näher kennen zu lernen, untersuchte ich dasselbe gleich nach dem Salzen vor dem Räuchern.

Herr Eckart imprägnirte zu dem Zwecke eine grosse Menge von Fleisch in Gegenwart der Mitglieder der Cholera-Commission und anderer Herren.

30 Kil. knochenfreies Fleisch wurden, in grossen Stücken von 3 Kil. und mehr, in eine Lösung von käuflichen Kochsalz, welche aus 50 Kil. Wasser und 16.5 Kil. Salz hergestellt worden war, eingelegt.

Nach 24stündigem Imprägniren wog das Fleisch mehr, nämlich statt 30 Kil. 30.650 Kil., also 650 gr. mehr. Die Kochsalzlösung wog ursprünglich 66.500 Kil., nach der Entfernung des Fleisches nur 65.850 Kil., sie hatte demnach um 650 gr. an Gewicht eingebüsst, so viel als das Fleisch an Gewicht zugenommen hatte.

Es frägt sich, aus was diese 650 gr. bestanden. Man kann es durch eine Analyse des Fleisches leicht erfahren.

Zu dem Zwecke wurden zwei grössere Portionen des imprägnirten Fleisches aus verschiedenen Stücken entnommen und bei 100° getrocknet.

a) 158.4 gr. des frisch imprägnirten Fleisches gaben 53.3 gr. feste Theile = 33.6% feste Theile und 66.4% Wasser.

b) 168.4 gr. des frisch imprägnirten Fleisches gaben 52.0 gr. feste Theile = 30.9% feste Theile und 69.1% Wasser.

Das Fleisch ist also durch das Imprägniren reicher an festen Bestandtheilen und wenigstens verhältnissmässig ärmer an Wasser geworden.

Um zu entscheiden, ob die Zunahme an festen Bestandtheilen der Menge des aufgenommenen Kochsalzes entspricht, wurde jetzt eine Bestimmung des letzteren im Fleische gemacht, und zwar in den zwei zur Untersuchung des Gehaltes an festen Theilen benützten Stücken. Da im Muskelfleisch sich nur sehr wenig Chlor befindet, so kann Alles auf eingedrungenes Kochsalz bezogen werden.

a) 1.4661 gr. Trockensubstanz enthielten 22.6% Chlornatrium, also das frische Fleisch 7.59% Chlornatrium.

1.4374 gr. Trockensubstanz enthielten 22.5% Chlornatrium, also das frische Fleisch 7.56% Chlornatrium.

Nahezu alles Kochsalz kann durch Auslaugen mit heissem Wasser aus dem Fleische gewonnen werden, nämlich 21.0%.

b) 0.9114 gr. Trockensubstanz enthielten 15.9% Chlornatrium, also das frische Fleisch 4.91% Chlornatrium. Durch Ausziehen mit heissem Wasser wurden ebenfalls 15.9% Chlornatrium erhalten.

Im trockenen imprägnirten Fleisch befinden sich daher im Mittel 19.22% und im frischen imprägnirten Fleisch 6.24% Kochsalz. Da nun das frische imprägnirte Fleisch 32.2% feste Bestandtheile giebt, von denen 6.24% Kochsalz sind, so finden sich darin ohne das Kochsalz 25.96% feste Bestandtheile, ähnlich wie im frischen nicht imprägnirten Fleische, woraus man versucht sein könnte zu schliessen, dass das Fleisch beim Imprägniren nur festes Kochsalz der umgebenden Kochsalzlösung entzieht, aber kein Wasser aufnimmt oder abgiebt.

Dem ist aber nicht so. Wenn nämlich das frisch imprägnirte Fleisch 6.24% Kochsalz aufnimmt, so würden 30.650 Kil. 1913 gr. Kochsalz aufnehmen und um ebensoviel an Gewicht zunehmen

müssen. Das Fleisch ist aber beim Imprägniren thatsächlich nur um 650 gr. schwerer geworden, also müssen dafür vom Fleisch 1263 oder 4.1% Wasser abgegeben worden sein. Der durchschnittliche Gehalt an festen Bestandtheilen in dem ursprünglich verwendeten Fleische, von welchem die Sehnen und das Fett nicht entfernt worden waren, betrug daher 30.06%.

Es waren darnach der Kochsalzlösung durch das Fleisch 1913 gr. Kochsalz entzogen und 1263 gr. Wasser gegeben worden. —

In der ganz ungefärbten Kochsalzlösung liess sich kein Eiweiss nachweisen; es ist also dem Muskelfleisch beim Imprägniren kein Eiweiss entzogen worden. 100 ccm. der Flüssigkeit gaben 25.62 gr. bei 100° trockenen Rückstand, und darin 25.21 gr. anorganische Bestandtheile mit 23.7 gr. reinem Chlornatrium und nur 0.41 gr. organische Bestandtheile, wahrscheinlich Extractivstoffe des Fleisches.

Es liess sich jedoch etwas Phosphorsäure in der Kochsalzflüssigkeit nachweisen, und zwar in 100 ccm. oder in 125.62 gr. 0.0280 gr., also in 65.85 Kil. 14.7 gr. Phosphorsäure, welche aus 30 Kil. frischem Fleisch stammen. Aus 100 gr. Fleisch sind demnach 0.049 gr. Phosphorsäure entzogen worden. Da in 100 gr. frischem Fleisch 0.445 gr. Phosphorsäure sich befinden, so wurden durch das Salzen dem Fleisch 11% seiner Phosphorsäure genommen. Ich habe nun auch im imprägnirten Fleisch den Phosphorsäuregehalt bestimmt. 3.5945 gr. trockenes imprägnirtes Fleisch gaben 0.0728 gr. phosphorsaure Magnesia = 0.0462 gr. Phosphorsäure. In 100 gr. trockenem imprägnirtem Fleisch sind aber 19.22 gr. Kochsalz, also entsprechen 3.5945 gr. nur 2.904 gr. trockenem gewöhnlichem Fleisch mit 0.0462 gr. Phosphorsäure = 1.591%; in 100 gr. wasserhaltigem Fleisch mit 24.1% festen Theilen sind daher 0.3834 gr. Phosphorsäure, so dass also in 100 gr. frischem Fleisch 0.0616 gr. Phosphorsäure weniger als normal sich befinden, was mit der in der Kochsalzlösung enthaltenen Menge annähernd stimmt.

Dieser Verlust von 11% Phosphorsäure oder phosphorsaurem Kali ist jedoch bei der überschüssigen Menge dieses Salzes so gering, dass er für die Ernährung, bei der das phosphorsaure Alkali vorzüglich nur für den Ansatz oder Ersatz von organisirter Substanz in Betracht kommt, keinen Nachtheil bringt.

Bei der gewöhnlichen Art des Einsalzens, wo Kochsalz in Substanz mehrere Wochen auf das Fleisch wirkt, werden dem letzteren mehr Bestandtheile, nicht nur Aschebestandtheile, sondern auch organische Stoffe, entzogen, wodurch für gewisse Fälle der Nährwerth ein geringerer wird. Nach einigen, allerdings unvollkommenen Analysen[1]) ist in der Asche des gesalzenen Fleisches ansehnlich weniger phosphorsaures Alkali. Stölzel fand in 100 Asche von ungesalzenem Ochsenfleisch 35.94% Kali und 34.36% Phosphorsäure; Thiel dagegen in der Asche des gesalzenen Ochsenfleisches 24.70% Kali und 21.41% Phosphorsäure, was für ersteres einen Verlust von 31%, für letzteres von 38% ausmacht. Beim Schweinefleisch ist nach den Analysen von Echevarria und Thiel der Verlust noch viel grösser, nämlich bis zu 87%. Die betreffenden Bestimmungen von Girardin[2]) sind ganz unbrauchbar. Es wäre wichtig, diese Verhältnisse genauer, als es bis jetzt geschehen ist, zu untersuchen.

Ob das imprägnirte Fleisch auf die Dauer wie frisches gesottenes oder gebratenes genossen werden kann, das wird die Erfahrung lehren; jedenfalls ist durch das Verfahren von Herrn Eckart das Fleisch ohne wesentliche Veränderung längere Zeit geniessbar zu erhalten. Wollte man den täglichen Fleischbedarf eines Menschen, zu 212 gr. knochenfreies frisches Fleisch angenommen, durch das imprägnirte Fleisch decken, so müssten von letzterem 120 gr. genommen werden, welche 12.3 gr. Kochsalz enthalten. —

Herr Eckart imprägnirt zur längeren Aufbewahrung auch frisches Fleisch mit Salicylsäure, was in einer Viertelstunde vollendet ist. Es werden dabei zu 100 Liter Wasser 500 gr. Salicylsäure genommen. Das Fleisch ändert dabei seine Zusammensetzung nicht oder nur äusserst wenig. Es fanden sich in so behandeltem Fleische in einer Probe 28.58%, in einer andern 28.97% feste Theile. Das Salicylsäurefleisch lässt sich sieden und braten wie frisches Fleisch; die davon erhaltene Brühe schmeckt wie gewöhnliche Fleischbrühe.

1) in Gorup-Besanez, Lehrbuch d. physiologischen Chemie 1862. S. 615.
2) Dingler's polytechn. Journal. 129. 222.

Ueber das Verhalten der Kalkschalen der Hühnereier bei der Bebrütung.

Von

Carl Voit.

Ich habe schon vor sechs Jahren in einer der math.-physikal. Classe der Akademie gemachten Mittheilung[1]: „Ueber die Verwerthung gewisser Aschebestandtheile im Thierkörper" eines Versuches erwähnt, den Herr Ernst Hermann auf meine Veranlassung unternommen hatte. Es handelte sich dabei um die Frage, ob die Schalen der Eier bei der Bebrütung Kalk einbüssen; ich habe in meiner damaligen Abhandlung nur kurz angegeben, dass das Gewicht der Schalen an Trockensubstanz und an anorganischen Stoffen vor und nach der Bebrütung das gleiche bleibt. Da einerseits die Sitzungsberichte der Akademie in physiologischen Kreisen nicht sehr verbreitet sind und es ferner zur Feststellung einer Thatsache nöthig ist, die näheren Resultate des Versuches zu kennen, so will ich die früher erhaltenen Zahlenwerthe nebst einigen Bemerkungen hier nachtragen.

Man hatte vielfach die Meinung ausgesprochen[2], dass das Ei ohne Schale nicht genügend Kalk für die Bildung des Knochengerüstes des Thieres enthalte und dass die darin befindliche freie Phosphorsäure während der Bebrütung den kohlensauren Kalk der Schale auflöse. Zu dieser Vorstellung war man durch die Angaben von Prout[3]) gekommen, nach denen in den bebrüteten Eiern mehr Kalk sich finden solle als in den unbebrüteten.

---

1) Sitz.-Ber. d. math.-physik. Classe der k. b. Akad. d. Wiss. 1871. Bd. I, S. 78.
2) Siehe z. B. Liebig, Ueber den Ernährungswerth der Speisen. 1869.
3) Prout, Phil. Trans. 1822. p. 377.

Ehe man den Aschegehalt der organisirten Gebilde genügend kannte, konnte man sich nicht denken, dass der zum Aufbau des Skelettes des jungen Vogels nöthige Kalk schon im Ei enthalten sei; man liess ihn daher durch die Lebenskraft entstehen. Prout meinte nun, dass der Kalk von der Eischale stamme.

Durch diese Einrichtung schien für das junge Thier in mehrfacher Beziehung auf das Weiseste gesorgt zu sein.

Einmal sollte dadurch die Schale dünner gemacht werden, so dass sie zuletzt wie Postpapier wird und das Hühnchen sie leicht zu sprengen vermag; ferner sollte die freie Phosphorsäure des Dotters neutralisirt werden, um die Bildung des alkalischen Blutes möglich zu machen; endlich sollte auf diese Weise bei dem unzureichenden Kalkgehalte des Ei-Inhaltes der phosphorsaure Kalk für das Skelett des jungen Thieres geliefert werden.

Schon Gorup-Besanez[1]) hat gegen die Versuche von Prout, auf welche jene Sätze aufgebaut waren, mit Recht Einiges eingewendet. Er hat darauf aufmerksam gemacht, dass Prout neben der Zunahme der alkalischen Erden eine Abnahme der Alkalien und des Chlors während der Bebrütung gefunden hat, welches Resultat nur auf einem Fehler in der Versuchsanordnung zu erklären ist, da doch die Chloralkalien nicht spurlos verschwinden können. Dieser Fehler wird sich auch ganz einfach darin finden lassen, dass Prout die Asche beliebiger unbebrüteter Eier mit der Asche bebrüteter nach der Reduction auf gleiches Eigewicht verglichen hat, was selbstverständlich ganz unzulässig ist. Aus diesem Grunde und da ausserdem Prévost und Morin[2]) bei der Bebrütung keine Abnahme in dem Gewichte der Kalkschalen finden konnten, hielt es Gorup-Besanez für wünschenswerth, die Angaben von Prout mit Berücksichtigung der Eischale nach einem umsichtigen Plane zu prüfen.

Dies ist nun auch in meinem Laboratorium geschehen; Herr Ernst Hermann führte unter meiner Leitung die Untersuchung bis zur Bestimmung des Trockengewichts der Eischalen; ich selbst

1) Lehrbuch der physiologischen Chemie 1867. S. 684.
2) Prévost und Morin, Annal. des sciences naturelles. IV, 47.

und die Herren Dr. Forster, Feder und Stumpf haben die weitere Bearbeitung des Materials besorgt.

Es wurden frisch gelegte Eier ein- und derselben Henne von möglichst gleichem Gewichte genommen; zwölf davon wurden im unbebrüteten Zustande untersucht, acht am 19. Tage der Bebrütung durch die Henne.

Die zwölf unbebrüteten Eier wogen:

1)	51.60
2)	51.48
3)	44.73
4)	51.97
5)	51.82
6)	49.93
7)	52.22
8)	51.30
9)	45.93
10)	45.65
11)	53.80
12)	52.80
Mittel:	50.27

Die zwölf zur Bebrütung gegebenen Eier wogen:

	vor der Bebrütung	nach der Bebrütung	Abnahme
1)	53.00	45.83	7.17
2)	53.22	45.80	7.42
3)	(55.74)	(49.03)	(4.61)
4)	(51.40)	(46.70)	(4.70)
5)	51.20	44.63	6.57
6)	56.21	49.30	7.91
7)	44.21	37.93	6.28
8)	51.13	42.23	8.90
9)	57.60	50.70	7.90
10)	(48.30)	(46.70)	(1.60)
11)	48.23	40.73	7.50
12)	(48.92)	(44.64)	(3.28)
Mittel:	51.85	44.39	7.46

Von diesen zwölf der Henne zum Bebrüten untergelegten Eiern zeigten sich nach 19 Tagen die vier mit Klammern versehenen Eier, welche auch am wenigsten an Gewicht abgenommen hatten, unentwickelt und wurden daher ausser Rechnung und Untersuchung

gelassen. Beim Bebrüten hatte ein Ei im Mittel aus acht Bestimmungen um 7.46 gr. an Gewicht verloren.

Um den Inhalt der Eier leichter erhalten und untersuchen zu können, wurden die Eier für kurze Zeit in siedendes Wasser gelegt, wodurch für ein Ei im Mittel aus neun Bestimmungen eine Gewichtsabnahme von 0.87 gr. erfolgte..

Es wurde nun sorgfältig die Kalkschale mit dem Schalenhäutchen vom Inhalt abgetrennt und die Theile nach dem Trocknen bei 100° gesondert gewogen. Es gaben:

a) die zwölf unbebrüteten Eier:

Schale	52.5	gr. trocken
Dotter	95.0	„ „
Eierweiss . . .	42.9	„ „
Summe:	190.4	gr. trocken

b) die acht bebrüteten Eier:

Schale	35.8	gr. trocken
Hühnchen . . .	88.7	„ „
Summe:	124.5	gr. trocken

Daraus findet sich für ein Ei an Trockensubstanz:

	Schale	Dotter	Eierweiss	ganzer Inhalt	ganzes Ei
unbebrütet	4.375	7.917	3.575	11.492	15.867
bebrütet	4.475	—	—	11.090	15.565

Der Inhalt des bebrüteten Eies ist demnach um 0.402 gr. an festen Theilen (im Ganzen um 7.46 gr.) leichter, was sich aus der während der Bebrütung erfolgenden Zersetzung, deren Producte zum Theil in Gasform entweichen, erklärt. Die trockene Kalkschale mit dem Schalenhäutchen wiegt im bebrüteten Ei um 0.1 gr. mehr, was aber davon herrührt, dass die bebrüteten Eier etwas schwerer waren als die unbebrüteten. Nach dem Verhältniss des Gewichts der frischen Eier berechnet, hätte die trockene Schale eines bebrüteten Eies 4.512 gr. wiegen sollen, wenn ein unbebrütetes 4.375 gr. wog; die Schale eines bebrüteten Eies hatte aber ein Gewicht von 4.475 gr.; es ist also keinem Zweifel unterworfen, dass die Trockensubstanz

der Schale durch das Bebrüten unverändert geblieben ist. Die Differenz von 0.037 gr. fällt wohl in die Fehlergrenzen.

Es wurden nun zuerst die Kalkschalen mit dem Schalenhäutchen einer näheren Untersuchung unterzogen. Dieselben wurden in der Muffel bis zur Verbrennung der organischen Substanz geglüht, die ganz reine, kohlefreie Asche mit einer Lösung von kohlensaurem Ammoniak übergossen, bei 100° getrocknet und gewogen.

a) Die 52.50 gr. der trockenen Schalen der zwölf unbebrüteten Eier hinterliessen 49.28 gr. Asche; die Schalen enthielten also 93.87 % unorganische und 6.13 % organische Substanz.

In der Schalenasche wurde der Gehalt an Kalk bestimmt. Es ergaben:
0.9045 gr. Asche = 0.8470 gr. kohlensauren Kalk = 52.44 % Kalk (Herr Feder).
0.7123 gr. Asche = 0.6674 gr. kohlensauren Kalk = 52.47 % Kalk (Herr Stumpf).

b) Die 35.8 gr. der trockenen Schalen der acht bebrüteten Eier hinterliessen 34.12 gr. Asche; die Schalen enthielten also 95.31 % unorganische und 4.69 % organische Substanz.

In der Schalenasche wurde der Gehalt an Kalk bestimmt. Es ergaben:
0.3506 gr. Asche = 0.3282 gr. kohlensauren Kalk = 52.42 % Kalk (Herr Feder).
0.7721 gr. Asche = 0.7227 gr. kohlensauren Kalk = 52.42 % Kalk (Herr Feder).
0.3551 gr. Asche = 0.3331 gr. kohlensauren Kalk = 52.52 % Kalk (Herr Stumpf).

Daraus berechnet sich:

	Schalenasche eines Eies	Kalk in der Schale eines Eies	% unorganisch in der Schale	% organisch in der Schale	% Kalk in der Schalenasche
unbebrütet .	4.106	2.154	93.87	6.13	52.46
bebrütet . .	4.265	2.237	95.31	4.69	52.45

Die Schale des bebrüteten Eies enthält procentig etwas mehr Asche und weniger organische Substanz. Der Procentgehalt an Kalk in der Schalenasche ist in beiden Fällen ganz der gleiche. Im bebrüteten Ei findet sich etwas mehr Asche und Kalk in der Schale, was, wie der grössere Gehalt an Trockensubstanz, auf dem etwas verschiedenen Gewicht der unbebrüteten und bebrüteten Eier beruht. Berechnet man aus dem Verhältniss des Gewichtes der unbebrüteten und bebrüteten Eier die Quantität der Schalenasche und des Kalks in einem bebrüteten Ei, wenn die Schalenasche eines unbebrüteten Eies 4.106 gr. und der Kalk in der Schale 2.154 gr.

schwer ist, so ergeben sich für die Schalenasche 4.235 gr. und für den Kalk 2.222 gr., während in Wirklichkeit für erstere 4.265 gr. und für letzteren 2.237 gr. sich fanden. Die Differenzen sind ganz ungemein gering.

Es steht darnach fest, dass bei dem Bebrüten des Eies kein Kalk von der Kalkschale weggenommen wird.

Es gehört zur Entwicklung des jungen Hühnchens ausserordentlich wenig Asche und Kalk.

1.5880 gr. trockener Dotter gaben 0.0418 gr. = 2.63 % Asche. (Dr. Forster.) In 95.0 gr. trockenem Dotter der zwölf unbebrüteten Eier sind demnach 2.50 gr. und in dem Dotter eines Eies 0.2082 gr. Asche. — 0.8040 gr. trockenes Eierweiss gaben 0.0512 gr. = 6.37 % Asche. (Dr. Forster.) In 42.9 gr. trockenem Eierweiss der zwölf unbebrüteten Eier sind demnach 2.733 gr. und in dem Eierweiss eines Eies 0.2277 gr. Asche.

In dem Dotter und Eierweiss eines Eies sind also nur 0.4359 gr. Asche enthalten.

I. Analyse des Dotters:

a) In 30.101 gr. trockenem Dotter fanden sich (Dr. Forster):

0.0210 gr. phosphors. Eisenoxyd	=	0.0098 gr. Phosphorsäure
		0.0078 gr. Eisen = 0.026 %.
0.2083 gr. kohlensaurer Kalk	=	0.1166 gr. oder 0.387 % Kalk.
0.0542 gr. phosphors. Magnesia	=	0.0347 gr. Phosphorsäure
		0.0195 gr. Magnesia = 0.065 %.
1.0830 gr. phosphors. Magnesia	=	0.6930 gr. Phosphorsäure
	=	2.45 % Gesammtphosphorsäure.

b) In 7.2540 gr. trockenem Dotter fanden sich (Dr. Forster):

0.0058 gr. phosphors. Eisenoxyd	=	0.0025 gr. Phosphorsäure
		0.0020 gr. Eisen = 0.028 %.
0.0501 gr. kohlensaurer Kalk	=	0.0280 gr. oder 0.386 % Kalk.
0.0100 gr. phosphors. Magnesia	=	0.0064 gr. Phosphorsäure
		0.0036 gr. Magnesia = 0.050 %.
0.2926 gr. phosphors. Magnesia	=	0.1872 gr. Phosphorsäure
	=	2.70 % Gesammtphosphorsäure.

Die 95.0 gr. trockener Dotter der zwölf unbebrüteten Eier enthalten demnach:

	a.	b.
Eisen . . .	0.0246	0.0266
Kalk	0.3676	0.3667
Magnesia . .	0.0617	0.0475
Phosphorsäure	2.3275	2.5650

oder die 7.917 gr. trockener Dotter eines unbebrüteten Eies im Mittel:

Eisen	0.00213
Kalk	0.03060
Magnesia	0.00455
Phosphorsäure . . .	0.20386

II. Analyse des Eierweiss:

In 17.320 gr. trockenem Eierweiss fanden sich (Dr. Forster):

0.0142 gr. phosphors. Eisenoxyd	=	0.0067 gr. Phosphorsäure
		0.0052 gr. Eisen = 0.03 %.
0.0356 gr. kohlensaurer Kalk	=	0.0199 oder 0.115 % Kalk.
0.0533 gr. phosphors. Magnesia	=	0.0341 gr. = 0.197 % Phosphors.
		0.0192 gr. = 0.111 % Magnesia.

Die 42.9 gr. trockenes Eierweiss der zwölf unbebrüteten Eier enthalten demnach:

Eisen	0.01287
Kalk	0.04933
Magnesia	0.04762
Phosphorsäure . . .	0.08451

oder die 3.575 gr. trockenes Eierweiss eines unbebrüteten Eies:

Eisen	0.001073
Kalk	0.004111
Magnesia	0.003968
Phosphorsäure . . .	0.007043

Dotter und Eierweiss von zwölf unbebrüteten Eiern und von einem unbebrüteten Ei geben:

	in 12 Eiern:	in 1 Ei:
Eisen	0.03847	0.003203
Kalk	0.41643	0.034711
Magnesia	0.15682	0.008518
Phosphorsäure . . .	2.48850	0.210903

III. Analyse der Asche der acht bebrüteten trockenen Hühnchen:

In 88.7 gr. trockenen Embryonen fanden sich (Dr. Forster):

0.052 gr. phosphors. Eisenoxyd	=	0.0244 gr. Phosphorsäure
		0.0193 gr. Eisen = 0.0217 %.
0.248 gr. phosphors. Magnesia	=	0.159 gr. Phosphorsäure
		0.089 gr. Magnesia = 0.1004 %.
2.688 gr. phosphors. Magnesia	=	1.719 gr. Phosphorsäure
	=	2.144 % Gesammtphosphorsäure.

Die Hühnchen von acht bebrüteten Eiern und ein Hühnchen von 11.090 gr. Trockensubstanz geben:

	8 Hühnchen:	1 Hühnchen:
Eisen . . .	0.0193	0.00241
Magnesia . .	0.0890	0.01112
Phosphorsäure	1.9020	0.23750

Die Kalkbestimmung in dem Inhalte der bebrüteten Eier missglückte leider. Um diese Lücke auszufüllen, wurde der Gesammtkalk in einem entwickelten Hühnchenembryo, den ich der Güte des Herrn Prof. v. Bischoff verdanke, bestimmt; es ergaben sich darin (nach Dr. Forster) 0.0418 gr. kohlensaurer Kalk = 0.0234 gr. Kalk.

Aus diesen Zahlen ersieht man, dass zur Entwicklung eines Hühnchens, zur Bildung des Skelettes desselben, bis zu dem Zeitpunkte, wo das ausgeschlüpfte Thier schon läuft und Bewegungen macht, nur 0.0347 gr. Kalk gehören, die im Eierweiss und Dotter vollständig vorhanden sind. Es ist im höchsten Grade merkwürdig und auffallend, dass 35 mgr. Kalk genügen, für ein junges Hühnchen den Kalk zu liefern.

Man hat gesagt, in dem Ei-Inhalte fände sich ein Missverhältniss der Nährsalze, indem seine Asche im Verhältniss zu den Alkalien viel zu viel Phosphorsäure einschliesse, so dass freie Phosphorsäure vorhanden wäre und sich das alkalische Blut nicht bilden könne.

Es ist richtig, dass die Asche des Dotters verhältnissmässig viel Phosphorsäure enthält und sauer reagirt; es wäre aber dennoch die Bildung von alkalischem Blute aus dem Dotter möglich, da die freie Phosphorsäure der Asche des Dotters aus dem Phosphorsäuregehalte des in ihm befindlichen Lecithins herrührt. Erschöpft man den Eidotter mit Aether und Alkohol, so giebt die zurückbleibende weisse Masse eine neutral reagirende Asche. Da sich die weisse Substanz des Gehirns, des Rückenmarks und der Nerven wegen ihres Lecithingehalts ganz ähnlich verhält, so könnte man annehmen, dass das Lecithin des Dotters zum Lecithin des Nervenmarkes und der weissen Substanz der Nervencentralorgane des Embryo's werde. In diesem Falle könnte also aus dem Dotter alkalisch reagirendes Blut entstehen.

Man braucht aber gar nicht zu einer solchen Annahme zu greifen. Man hat bei jenen Betrachtungen übersehen, dass sich das Hühnchen nicht nur aus dem Dotter entwickelt, sondern dass es auch nach und nach das Albumen in sich aufnimmt. Die sehr stark alkalisch reagirende Asche des Albumens enthält viel mehr Alkali als das Blut und die Milch. Darum reagirt die Asche von dem Albumen und dem Dotter d. h. von dem gesammten Ei-Inhalte noch stark alkalisch und schliesst so viel Alkalien und alkalische Erden ein, um mit aller Phosphorsäure Salze mit 2 MO zu bilden.

Es ist also leicht anzugeben, woher in dem Ei das Alkali des Blutes rührt; dem ganzen Ei mangelt es nicht an Alkalien und es enthält alle Bestandtheile zum Aufbau des Embryo's und zur Ernährung eines ausgewachsenen Organismus.

Es kann dies auch, wie man bei näherer Ueberlegung einsieht, gar nicht anders sein, denn viele Eier, z. B. die der Amphibien, der Fische etc., haben bei der nämlichen Zusammensetzung des Dotters wie derjenige der Hühnereier keine Kalkschale. Auch aus solchen Eiern bildet sich alkalisches Blut und auch in ihnen findet sich genug Kalk zur Entwicklung des Skelettes des Embryo's.

Zur Frage über das Verhalten der vom Darmkanal resorbirten Harnsäure beim Hunde.

Von

Dr. E. Salkowski,
Professor e. o. in Berlin.

In dem jüngst erschienenen 2. Heft Bd. XIII dieser Zeitschrift kommt Ludwig Feder S. 297 auf meine Versuche über obigen Gegenstand zu sprechen, deren Resultate ich in aller Kürze in den Ber. d. d. chem. Gesellsch. IX S. 719 niedergelegt habe. Ich constatirte damals, dass sich nach Fütterung mit Harnsäure in meinen Versuchen constant Allantoin im Harn fand, dass sich aber über eine etwaige gleichzeitige Bildung von Harnstoff eine Entscheidung aus meinen Versuchen nicht entnehmen lässt. — Feder hat nun meine Mittheilung nicht so aufgefasst, er sagt vielmehr, es sei nicht ersichtlich, zu welchem Resultat ich gekommen sei. In so gedrängte Berichte über, oft sehr verwickelte Fragen, kann sich eine Unklarheit leicht einschleichen und ich bin auch weit davon entfernt, zu behaupten, dass eine solche nicht ab und zu in einer meiner kurzen Mittheilungen vorkommen sollte, in diesem Falle aber kann ich keinerlei Unklarheit entdecken.

Feder führt zum Beleg für den Widerspruch, in dem ich mich mit mir selbst befinden soll, zwei Stellen meiner Abhandlung mit Anführungsstrichen an. Die erste lautet bei Feder: „im Uebrigen sprechen die Versuchsresultate für die von allen Autoren angegebene Bildung von Harnstoff aus Harnsäure". Die zweite: „ob neben dem Allantoin noch Harnstoff gebildet wird, lässt sich noch nicht mit Sicherheit sagen". Der scheinbare Widerspruch, in dem diese beiden Stellen mit einander stehen, rührt nun davon

her, dass Feder den ersten Passus nicht wörtlich und unvollständig citirt hat. Es heisst im Original nicht „sprechen“, sondern „sprachen“. Ob Praesens oder Imperfectum ist hier aber ein wesentlicher Unterschied: ich berichte an dieser Stelle über den Verlauf der Versuche, spreche aber kein endgiltiges Urtheil aus. Noch wichtiger aber ist, dass Feder den Nachsatz fortlässt. Der Satz lautet also vollständig: „Im Uebrigen sprachen die Versuchsresultate für die von allen Autoren angegebene Bildung von Harnstoff aus Harnsäure; abweichend war indessen die stärkere Abnahme der Alkalescenz der Flüssigkeit.“ Im „Uebrigen“ und „abweichend“ bilden einen Gegensatz zu einander und das scheint Feder übersehen zu haben. Mit anderen Worten bedeutet der Satz: Die Bunsen'schen Bestimmungen sprachen nicht stricte für die alleinige Gegenwart von Harnstoff, sondern sie enthielten etwas Abweichendes, was sich nicht mit der Annahme vereinigen lässt, dass es sich nur um Harnstoff handelte. Dieses Abweichende ist eben die stärkere Abnahme der Alkalescenz der Flüssigkeit nach dem Erhitzen auf 200°. Dieselbe zeigt, dass ausser Harnstoff noch ein anderer Körper im Harn enthalten sein muss, welcher bei der Spaltung Säure liefert, während er sich im Uebrigen dem Harnstoff gleich verhält. Und als diesen Körper erkannte ich das Allantoin. Ob ausschliesslich Allantoin aus Harnsäure gebildet wird, oder dieses neben Harnstoff, vermochte ich durch meine Versuche noch nicht zu entscheiden. Ich sollte meinen, dass mich der Vorwurf, mich unklar ausgedrückt zu haben, nicht treffen kann. — Feder meint weiterhin, ich scheine übersehen zu haben, dass Zabelin nicht allein Harnstoffbestimmungen nach Liebig gemacht, sondern dabei auch schon eingehend die nicht völlig entscheidende Angabe dieser berücksichtigt habe. Uebersehen habe ich indessen die sonstigen Untersuchungen Zabelin's nicht, aber ich lege ihnen allerdings einen weit geringeren Werth bei, wie Feder. Es handelt sich hier wesentlich nur um das Allantoin. Zabelin hat es gesucht und nicht gefunden. Seiner negativen Angabe steht meine positive gegenüber. Nun ist es ja allerdings möglich, dass der Hund von Zabelin kein Allantoin bildete, allein ebenso möglich, dass Zabelin dasselbe übersehen hat. Man kann

dagegen nicht einwenden, dass ich das Allantoin auf einem höchst einfachen Wege, durch blosses Abdampfen, erhalten habe und der Weg von Zabelin keinen Fehler erkennen lässt, das Allantoin ihm deshalb sicher nicht entgehen konnte. Es bedarf immer sehr starker Beweismittel und vor Allem der Controlversuche, um einer negativen Angabe gegenüber einer positiven Geltung zu verschaffen. — Feder macht für Zabelin auch die Uebereinstimmung der Stickstoffbestimmung nach Seegen und nach Liebig geltend. Leider fehlen in der Arbeit von Zabelin die betreffenden Zahlen, so dass man sich über den Grad der Uebereinstimmung an Normaltagen und Fütterungstagen kein eigenes Urtheil bilden kann.

Ich habe auch sonst noch Bedenken gegen die Versuchsanordnung von Zabelin (vor Allem sind die beweisenden Ausschläge sehr klein), indessen will ich zugeben, dass die Versuche von Zabelin den Uebergang von Harnsäure in Harnstoff in der That, wenn auch nicht beweisen, so doch sehr wahrscheinlich machen. Die damit in Widerspruch stehende auf Zabelin bezügliche Aeusserung in meiner Arbeit über die Harnstoffbildung etc. (Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. I, S. 4) verdankt ihre jetzige Form übrigens nur einem bedauerlichen Versehen bei der Correctur des Druckbogens.

Bemerkung über die Umwandlung von Harnsäure in Harnstoff im Körper des Hundes.

Von

Carl Voit.

Ich komme nur ungern auf eine früher von mir gemachte, von anderer Seite bestrittene Angabe zurück, wenn ich kein neues Beobachtungsmaterial vorzubringen habe und wenn in den vorliegenden Mittheilungen die Möglichkeit eines Entscheides gegeben ist. Da es aber in der angeregten, nicht unwichtigen Frage etwas schwierig sein dürfte, den wahren Sachverhalt zu finden, so seien mir ein paar Worte darüber gestattet.

Ueber die vorliegende Frage wurde nämlich vor 14 Jahren unter meiner Leitung und Betheiligung von Zabelin[1]) eine Untersuchung ausgeführt; es sollte dabei die von einigen früheren Beobachtern angegebene Umwandlung der Harnsäure in Harnstoff durch genaue Versuche, deren noch jetzt gebrauchte Technik nach jahrelangen Bemühungen damals von mir festgestellt worden war, geprüft werden. Nach einer mir zugekommenen Mittheilung ist Zabelin leider gestorben, daher fühle ich mich verpflichtet, die von uns erhaltenen Resultate kurz mitzutheilen.

Ein grosser Hund, welcher durch längere Fütterung mit 1500 gr. Fleisch im Stickstoffgleichgewichte sich befand, erhielt an zwei sich folgenden Tagen, an dem einen 14, an dem anderen 30 gr. reine Harnsäure. Die 44 gr. Harnsäure wurden nach der Untersuchung des Kothes bis auf 3.72 gr. resorbirt; der Harn enthielt

1) Liebig's Annalen, 2. Suppl.-Bd. 3. Heft. S. 326.

nach der Titrirung mit salpetersaurem Quecksilberoxyd an fünf Tagen, auf welche sich die Wirkung der Harnsäure erstreckte, im Ganzen um 28.5 gr. Harnstoff mehr als normal; an zwei Tagen betrug das Plus täglich 8.95 gr. Harnstoff = 4.18 gr. Stickstoff. Da durch das salpetersaure Quecksilber nicht nur der Harnstoff, sondern noch andere Harnbestandtheile gefällt werden, was ich bekanntlich zuerst durch vielfache Analysen ermittelt habe[1]) und worauf auch Zabelin ausführlich eingegangen ist, so wurde zur Controle die Gesammtstickstoffmenge des Harns mit Natronkalk ermittelt. Die betreffenden Zahlen sind in dieser Zeitschrift[2]), wie schon Herr Dr. Feder[3]) angegeben hat, mitgetheilt. Bei Fütterung mit 1500 gr. Fleisch wurden in drei übereinstimmenden Versuchen täglich im Mittel 50.7 gr. Stickstoff aus dem nach Liebig ermittelten Harnstoff berechnet und 52.8 gr. mit Natronkalk direct bestimmt, was ein Verhältniss wie 100 : 104.1 ergiebt; bei Zusatz von Harnsäure (am 26. Febr. 1863) wurden 54.4 gr. Stickstoff aus dem Harnstoff berechnet und 56.9 gr. mit Natronkalk bestimmt, also ein Verhältniss von 100 : 104.6 gefunden. Dies thut dar, dass in unserem Versuche die Harnsäure grösstentheils in Harnstoff übergegangen ist, denn wäre eine irgend erhebliche Menge eines anderen stickstoffhaltigen Stoffes im Harn gewesen, so hätte jenes Verhältniss sich nicht so gleich bleiben können. Zabelin hat die Sache aber noch weiter verfolgt. In der resorbirten Harnsäure befanden sich 13.5 gr. Stickstoff, aus dem nach Liebig bestimmten Harnstoffplus rechnen sich 13.3 gr. Trotz sorgfältigen Suchens waren wir ferner nicht im Stande, in dem Harn des Hundes Allantoin aufzufinden. Es muss also bei Zabelin's Versuch der grösste Theil der resorbirten Harnsäure in Harnstoff übergegangen sein. Giebt man auch nur kleine Quantitäten eines anderen in den Harn übergehenden stickstoffhaltigen Stoffes z. B. von Ammoniak, so zeigen sich alsbald erhebliche Differenzen in den direct ermittelten und nach Liebig berechneten Stickstoffmengen.

1) Siehe hierüber z. B. diese Zeitschrift 1865. Bd. I, S. 115—128.
2) Diese Zeitschrift 1865. Bd. I, S. 120; Versuch 5.
3) Diese Zeitschrift 1877. Bd. XIII, S. 297.

E. Salkowski hat in der vorstehenden und in zwei anderen Abhandlungen[1]) Bedenken gegen die Arbeit Zabelin's ausgesprochen. Dieselben haben, wie aus obiger Darstellung ersichtlich ist, in der Abhandlung von Zabelin schon volle Berücksichtigung gefunden.

1) Berichte d. deutsch. chem. Ges. 1876. Bd. IX, S. 719. — Zeitschrift für physiologische Chemie 1877. Bd. I, S. 4.

Druckfehler:

S. 408 in der letzten Gleichung soll es heissen Meter statt Millimeter.
S. 411 Zeile 18 v. o. ist „und" zu streichen.